



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI,
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

Implementazione di un Sistema di Gestione delle giacenze: il caso Engraving Solutions

TESI

RELATORI

Prof.ssa Valeria Mininno

*Dipartimento di Ingegneria dell'Energia,
dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni*

Prof. Gino Dini

*Dipartimento di Ingegneria Meccanica,
Nucleare e della Produzione*

Ing. Massimo Lotito

Production Manager, Engraving Solutions

IL CANDIDATO

Maurizio Lazzara

maurizio_lazzara@hotmail.it

Sessione di Laurea del 20/07/2016
Anno Accademico 2015/2016

INDICE

OBIETTIVI DEL PROGETTO	4
CAPITOLO I: ANALISI DEL CONTESTO “AS IS”	8
1.1 INTRODUZIONE	8
1.2 ENGRAVING SOLUTIONS: LA REALTÀ AZIENDALE	8
1.3 I PRODOTTI	11
1.4 IL MERCATO	14
1.5 GESTIONE DI UNA COMMESSA	15
1.6 GESTIONE FUTURA E <i>PROJECT SCOPE</i>	23
CAPITOLO II: LA GESTIONE DELLE SCORTE.....	25
2.1 INTRODUZIONE	25
2.2 IL RUOLO DELLE SCORTE	25
2.3 CLASSIFICAZIONE DELLE SCORTE	30
2.5 L’IMPORTANZA DELLE PREVISIONI	34
CAPITOLO III: IDENTIFICAZIONE DEI FORMATI TARGET	37
3.1 ANALISI DI PARETO	40
3.2 STRATEGIA DI FORNITURA	47
CAPITOLO IV: ANALISI DELLA DOMANDA	51
4.1 L’ANALISI TEMPORALE DELLA DOMANDA	51
4.1.1 <i>Analisi temporali degli articoli target</i>	54
4.2 L’ANALISI STATISTICA DELLA DOMANDA.....	62
4.2.1 <i>Analisi statistica articoli target</i>	63

CAPITOLO V: DEFINIZIONE DEI PARAMETRI OPERATIVI.....	75
5.1 I COSTI DELLE SCORTE.....	76
5.2 IL LOTTO ECONOMICO	82
5.2.1 Calcolo del lotto economico per gli articoli target	86
5.3 IL LIVELLO DI RIORDINO	89
5.3.1 Il livello di servizio.....	92
5.3.2 Scorta di sicurezza per una distribuzione Normale	93
5.3.3 La scorta per gli articoli con consumo regolare	100
5.4 PRODOTTI A DOMANDA SPORADICA.....	103
5.4.1 Le scorte per gli articoli sporadici: Il Modello di Poisson	106
 CAPITOLO VI: PARAMETRIZZAZIONE SUL GESTIONALE SAP	 110
 CONCLUSIONI E RISULTATI RAGGIUNTI	 116
 BIBLIOGRAFIA	 120
 INDICE DELLE FIGURE.....	 123
 APPENDICE A.....	 125
 APPENDICE B.....	 127
 APPENDICE C	 129
 APPENDICE D.....	 131

OBIETTIVI DEL PROGETTO

Le organizzazioni odierne si trovano immerse in un mercato caratterizzato da una continua e rapida evoluzione della domanda e da una concorrenza accesa, che le obbliga a garantire la massima flessibilità in tempi sempre più contenuti. La necessità di rispondere al mercato con una maggiore flessibilità e in tempi ristretti, garantendo contemporaneamente personalizzazioni nei prodotti ed elevati standard qualitativi, ha spinto sempre più aziende a fondare il proprio vantaggio competitivo su sistemi di gestione più affinati e performanti in cui la gestione delle scorte assume un ruolo strategico contribuendo sia al recupero dei margini d'efficienza, nell'ottimizzazione dei costi, sia a una migliore performance nei livelli di servizio percepiti dai clienti. Le scorte rappresentano un elemento critico nella gestione aziendale, perché da un lato influenzano la competitività e l'efficacia aziendale nel soddisfare e fornire valore ai propri clienti, dall'altro determinano costi e capitali che impattano sulla sua efficienza operativa.

Il progetto descritto in questo elaborato di tesi è il frutto di uno stage della durata di sei mesi svolto presso l'azienda *Engraving Solutions*, leader a livello internazionale nella realizzazione di rulli incisi per il settore Tissue. Lo stage si è svolto nel periodo Novembre 2015 - Aprile 2016 presso la sede di Lucca, nell'ambito Operations.

Engraving Solutions è convinta che soddisfare gli ordini dei clienti in un tempo ridotto sia diventato fondamentale per conseguire un vantaggio competitivo e intende migliorare la propria performance relativamente a questo punto. Il progetto nasce proprio dall'esigenza, espressa dall'azienda, di modificare l'attuale strategia operativa passando da una forma di riposta al mercato di tipo "*Purchase to order*", in cui la commessa avvia l'intero ciclo produttivo fin dalle fasi di fornitura, ad una forma "*Make to order*" in cui, invece, i materiali saranno gestiti a scorta e la commessa attiverà semplicemente le fasi di produzione.

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è proprio quello di definire i parametri di controllo per la gestione a magazzino dei semilavorati necessari alle successive fasi

d'incisione, fornendo al Management il necessario supporto per risolvere i compromessi impliciti tra livello di servizio offerto al cliente e incidenza economica delle scorte.

Il lavoro svolto è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Analisi “As-Is”
 - Analisi del flusso informativo e operativo che caratterizza ciascuna commessa;
 - Analisi portafoglio prodotti;
- Identificazione dei formati target
 - Analisi di Pareto;
 - Definizione delle strategie di fornitura;
- Analisi della domanda
 - Analisi temporale della domanda;
 - Analisi statistica della domanda;
- Definizione dei parametri operativi per la gestione a magazzino dei materiali
 - Il lotto economico d'approvvigionamento;
 - Il livello di riordino;
 - La componente di sicurezza;
- Applicazione del sistema di gestione al caso *Engraving Solutions*

La prima fase analizza il contesto aziendale in cui si è svolto il progetto, con particolare attenzione agli aspetti operativi e agli elementi critici che hanno spinto l'azienda a rivedere l'attuale orientamento strategico.

La seconda fase è stata necessaria per identificare i formati di rullo che presentano consumi ed elementi strategici tali da giustificarne una gestione a magazzino; per questi sono state valutate le strategie di fornitura con particolare attenzione ai tempi di approvvigionamento.

Nella terza parte sono stati analizzati i profili di domanda degli articoli target identificati. Sono state svolte analisi temporali sulle serie storiche di vendita al fine di individuare, se esistono, le componenti strutturali principali che possono influenzare la

gestione. In seguito, i dati di consumo sono stati analizzati da un punto di vista statistico in modo da approssimarne l'aleatorietà a un'opportuna variabile statistica e quindi dimensionare correttamente i livelli di scorta in funzione del livello di servizio che si vuole garantire al cliente.

Nelle ultime fasi sono stati approfonditi gli elementi che impattano sulla gestione e per ciascun articolo, sulla base delle considerazioni fatte in precedenza, sono stati determinati i parametri operativi necessari per l'implementazione di un efficace ed efficiente sistema di gestione delle giacenze.



CAPITOLO I

ANALISI DEL CONTESTO “AS IS”

1.1 Introduzione

Questo primo capitolo vuole fornire un quadro generale del contesto in cui è stato affrontato il progetto, fondamentale per una migliore comprensione del lavoro svolto. Saranno presi in considerazione l'azienda, il mercato e i prodotti realizzati, con particolare attenzione agli aspetti operativi e alle criticità che hanno reso necessaria l'implementazione della gestione a magazzino dei rulli semilavorati.

1.2 Engraving Solutions: la realtà aziendale

Engraving Solutions è un'azienda consolidata e leader nella realizzazione di rulli incisi prevalentemente per il settore *tissue*, che tuttavia si pone come fornitore globale di consulenza e soluzioni nel campo della goffratura per rispondere alle esigenze di tutti i mercati. L'azienda nasce nel 2003 sotto il nome di *Perini Engraving*, una joint venture nata dall'accordo di due importanti realtà aziendali italiane: *Fabio Perini S.p.A.*, leader mondiale nella produzione di soluzioni integrate per l'industria della trasformazione, *SIMEC Group*, specializzata da oltre vent'anni nell'incisione dei rulli destinati alla goffratura dei prodotti *tissue*. Grazie alla forte integrazione delle sue funzioni con l'organizzazione commerciale, di Ricerca e Sviluppo *Perini* e con il supporto continuo del partner tecnologico *SIMEC*, l'azienda oggi è in grado di fornire a tutti i clienti prodotti di notevole contenuto tecnologico, personalizzati e altamente innovativi.

La nascita e lo sviluppo dell'azienda è da collegare alla crescita e all'importanza acquisita negli ultimi vent'anni dai processi di goffratura della carta e dall'innovativo concetto di *art-embossing*. Fino agli anni 80, infatti, le tecniche d'incisione esistenti sul mercato erano sostanzialmente tre: una per i prodotti igienici, una per l'asciuga tutto

ed infine una tipologia indifferenziata utile per entrambi i prodotti. Il mercato si è ritrovato così saturo di prodotti semplici e standardizzati che non riuscivano a soddisfare le esigenze di personalizzazione e differenziazione dei clienti. Nei primi anni '90 incontriamo la vera svolta che ha cambiato il volto del mercato e le regole competitive, un mutamento operato grazie alle multinazionali Americane, che già dieci anni prima iniziarono a ventilare l'esigenza di un prodotto decorato e personalizzato. Tale tendenza si rese concreta nell'innovativo concetto di "*art embossing*": l'uso della goffratura come mezzo di decorazione e veicolo iconografico di caratteristiche del prodotto quali la morbidezza, l'assorbenza, la resistenza e altre definite dalle specifiche richieste del cliente. Dato che il rullo inciso, rappresenta il componente più importante del processo di goffratura, le cui caratteristiche tecniche vanno ad incidere direttamente sui risultati del processo, l'introduzione dell'*art embossing* ha segnato una rivoluzione del mercato ed una svolta epocale per tutti i produttori che hanno visto evolvere il proprio business.

La *Fabio Perini* S.p.A. è stata una delle prime aziende europee a raccogliere la sfida lanciata e gettarsi nella nuova tendenza di mercato. Il primo esperimento fu compiuto con l'asciuga-tutto e, considerato il buon esito, la nuova tecnologia venne presto estesa anche ai prodotti igienici. Oggi, circa l'80% delle goffrature presenti sul mercato europeo è frutto delle ricerche condotte in quegli anni dall'azienda italiana, che nei primi anni '90 serviva il 75% del mercato mondiale.

Prima del 2003 la *Fabio Perini* aveva un ridotto catalogo di disegni decorativi da cui attingeva per proporre idee ai clienti, mentre la realizzazione del rullo di tipo *art-embossing* veniva commissionata all'esterno. Lo sviluppo e la rapida crescita del business ha indotto la *Perini* ad investire fortemente in know-how e risorse per svolgere autonomamente l'intero processo produttivo. Gli sforzi culminarono nel 2003 con la fondazione della *Perini Engraving*, una divisione specializzata nelle incisioni dei rulli goffratori al fine di garantire al cliente un servizio completo e globale, che si traduce in massima efficienza, massima riservatezza e un'ulteriore garanzia di privacy. In seguito ai traguardi e agli obiettivi conseguiti negli anni, nel 2013 l'azienda ha deciso di cambiare il proprio nome con l'attuale *Engraving Solutions* per risaltare una propria

indipendenza dal gruppo *Perini* e una maggiore autonomia operativa. Inoltre, a conferma del massimo impegno nel migliorare il valore offerto ai clienti e le proprie performance in termini di eco-sostenibilità, ha conseguito negli anni le certificazioni: ISO 9001, OSHAS e ISO 14001.

Oggi l'azienda si sviluppa su un'area di 3000 mq e può contare su un organico di 15 dipendenti. Grazie al vantaggio competitivo unico che è in grado di offrire ai propri clienti e a valori come qualità innovazione e integrità che caratterizzano la politica aziendale, può ritenersi una delle prime aziende a livello internazionale. Lo scorso anno ha registrato un fatturato record di 5 mln con la realizzazione di 270 rulli, a conferma dell'ottimo lavoro svolto.

1.3 I prodotti

Engraving Solutions è un'azienda leader nella produzione di rulli incisi prevalentemente per il settore Tissue. La sua produzione, destinata prevalentemente a tutti i tipi di goffratori presente sul mercato, realizza uno dei componenti più importanti nelle linee di trasformazione di materiale in velo o a nastro continuo (fig. 1.1). L'azienda investe il massimo delle risorse per comprendere pienamente quelle che sono le richieste dei propri clienti e si serve di un ampio bagaglio di conoscenze e risorse tecniche per progettare e realizzare l'incisione sui rulli goffratori.

Nel mercato del tissue, specialmente nella lavorazione della carta, il processo di goffratura assume un ruolo centrale perché va a influenzare direttamente le caratteristiche del prodotto finale diretto verso il mercato del largo consumo:

- Determina il volume e la morbidezza del prodotto;
- Tramite il motivo dell'incisione abbiamo la personalizzazione e il decoro;
- Accoppiamento dei veli;
- Crea un effetto tattile;
- Attribuisce un valore aggiunto al prodotto;
- Determina la resistenza e l'assorbenza del prodotto;

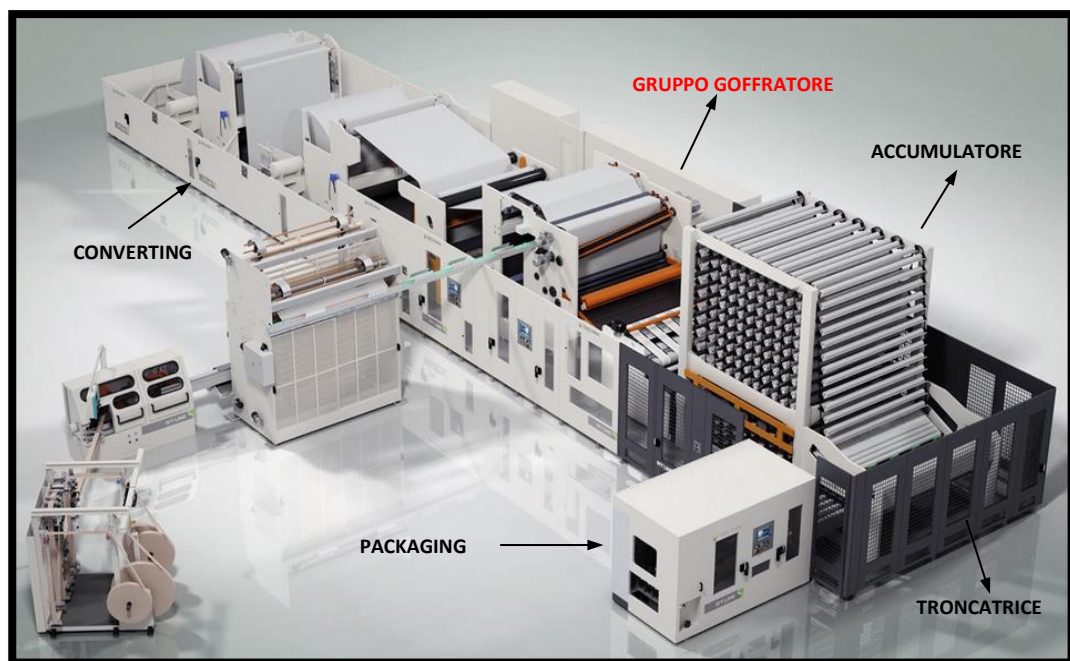


Figura 1.1 - Linea di Trasformazione: My Line Fabio Perini.

È evidente che le caratteristiche tecniche del rullo e geometriche dell'incisione hanno un impatto diretto sulla qualità del processo di goffratura e quindi sulle caratteristiche della carta successivamente prodotta. La progettazione del rullo deve tener conto, da un lato, delle esigenze e richieste del cliente, ma dall'altro, anche dei vincoli progettuali e delle caratteristiche della macchina in cui sarà installato che richiedono un rapporto esatto tra le circonferenze dei cilindri.

Le diverse incisioni realizzate variano in base alla profondità, alla complessità del profilo da realizzare e alle caratteristiche del processo di goffratura su cui saranno impiegate. In generale i prodotti possono essere articolati in tre macro famiglie, in base al processo produttivo realizzato:

- Rulli di Meccanici: ottenuti attraverso un processo di asportazione di truciolo. Il cilindro da incidere viene posto su un tornio ed un particolare utensile

(*creatore*) provvede a solcare la superficie in modo elicoidale, prima in una direzione e poi perpendicolarmente a questa. Dall'incrocio di queste due eliche nasce l'incisione, costituita sempre da punte a quattro lati, delle più svariate forme, dimensioni, altezze e distanze tra

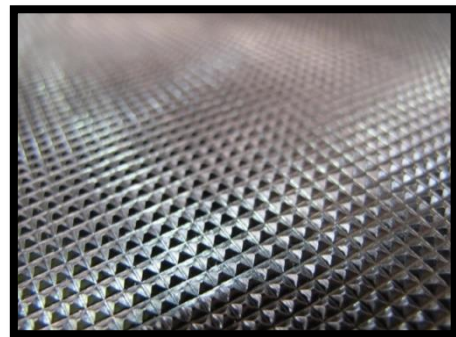


Figura 1.2 - Incisione Meccanica.

loro (fig. 1.2). La densità e l'angolo d'inclinazione dei fianchi delle punte possono essere scelte a piacimento, in funzione delle caratteristiche desiderate sul prodotto finale. Le punte così ottenute possono essere poi rettificate o spazzolate per ottenere una superficie di testa "a cupola", che garantisce una maggiore qualità della carta goffrata specialmente se questa riceverà della colla. Queste ultime tecniche, note come *PPP-Evolution* e *Softop* sono brevettate ed esclusive di *Engraving Solutions*. Le incisioni meccaniche sono usate principalmente per i rulli o le camicie (rulli cavi) destinati a produrre asciugatutto di altissimo volume e assorbenza, igienici morbidissimi e compatti e tovaglioli resistenti e voluminosi. Sono realizzate principalmente per le caratteristiche tecniche dei prodotti piuttosto che l'aspetto decorativo.

-
- Rulli Chimici (fig. 1.3): in questo caso il cilindro da incidere viene sottoposto ad una serie di cicli di rimozione del metallo tramite corrosione e bagno in acido.

Con questa tecnica di lavorazione è possibile realizzare qualunque tipo d'incisione, senza alcun limite di forma o dimensione delle punte, rendendo possibile riprodurre sul metallo tutto ciò che la fantasia può immaginare(fig. 1.3).



Figura 1.3 - Incisione Chimica.

Le incisioni chimiche sono realizzate su tutti i tipi di cilindro o camicie in cui è richiesta la decorazione o la personalizzazione dei prodotti finiti attraverso la goffratura e l'incollaggio dei veli.

L'azienda ha brevettato una tecnica d'incisione 4D che consente di variare a piacimento e progressivamente l'angolo d'inclinazione dei fianchi delle punte in virtù dell'orientamento o della forma degli stessi, così da ridurre la sollecitazione di goffrature nei punti in cui le fibre della carta sono più deboli, andando a migliorare la resistenza globale del prodotto.

- Laser diretto: in questo caso il cilindro da incidere, con superficie esterna in ebanite, viene posto in prossimità di un emettitore di raggio laser che, opportunamente modulato, asporta il materiale creando incisioni di qualunque tipo, senza alcuna limitazione. Questa tipologia d'incisione è impiegata su cilindri di piccole dimensioni destinati alle linee pilota, per campionature o produzioni limitate.

L'incisione dei rulli goffratori rappresenta solo una parte dell'offerta di Engraving Solutions, la quale comprende una serie di servizi personalizzabili che vanno oltre la "semplice" incisione e che attraverso una serie di attività parallele vengono incontro alle diverse esigenze del cliente, garantendone la massima soddisfazione. L'insieme dei servizi offerti è indentificato dall'acronimo **B.E.S.T** che sta per: *Branding, Embossing, Samples, Trials*, l'insieme appunto di attività che possono attivarsi su richiesta del cliente.

1.4 Il mercato

I prodotti realizzati da *Engraving Solution* sono venduti in tutto il mondo e riconosciuti come standard di qualità e affidabilità. Il mercato cui l'azienda si rivolge, ha natura *Business to Business* e comprende aziende metalmeccaniche che progettano e producono linee di produzione per la lavorazione del *tissue* e industrie cartiere, il cui prodotto poi sarà indirizzato al mercato di consumo. In quest'ultimo caso spesso l'azienda svolge o partecipa ad attività di marketing e analisi dei profili dei consumatori target, per definire meglio le caratteristiche tecniche e il modello d'incisione più efficace da realizzare.

Tra i clienti principali abbiamo ovviamente le divisioni produttive *Fabio Perini Lucca* e *Fabio Perini Brasile*, che costituiscono il 70% del fatturato, ma anche multinazionali come *Kimberly Clark*, *Orchids Paper*, *Sofidel* e *Gambini* (fig. 1.4).

Attualmente *Engraving Solutions* realizza le proprie commesse in due modalità, il conto lavoro in cui il semilavorato è fornito dal cliente stesso e l'azienda svolge soltanto i processi di incisione, la fornitura completa in cui invece oltre ai processi produttivi l'azienda rifornisce anche il semilavorato da incidere. La prima caratterizza il 90% delle commesse.

Per i clienti attivi in Brasile e Nord America, il fattore tempo è diventato un requisito fondamentale e la fase di approvvigionamento dei semilavorati, che costituisce il 60% del tempo necessario al completamento della commessa, rappresenta ormai un fattore critico su cui l'azienda ha deciso di migliorare.



Figura 1.4 - Portafoglio clienti.

1.5 Gestione di una commessa

Il macro processo che si sviluppa dietro ogni commessa è costituito da sei fasi principali integrate e coordinate tra loro. Ogni attività è pianificata e svolta in modo tale da offrire un vantaggio competitivo al cliente e la massima qualità del prodotto finale. Il flusso di attività segue in maniera sequenziale le fasi rappresentate in figura 1.5:

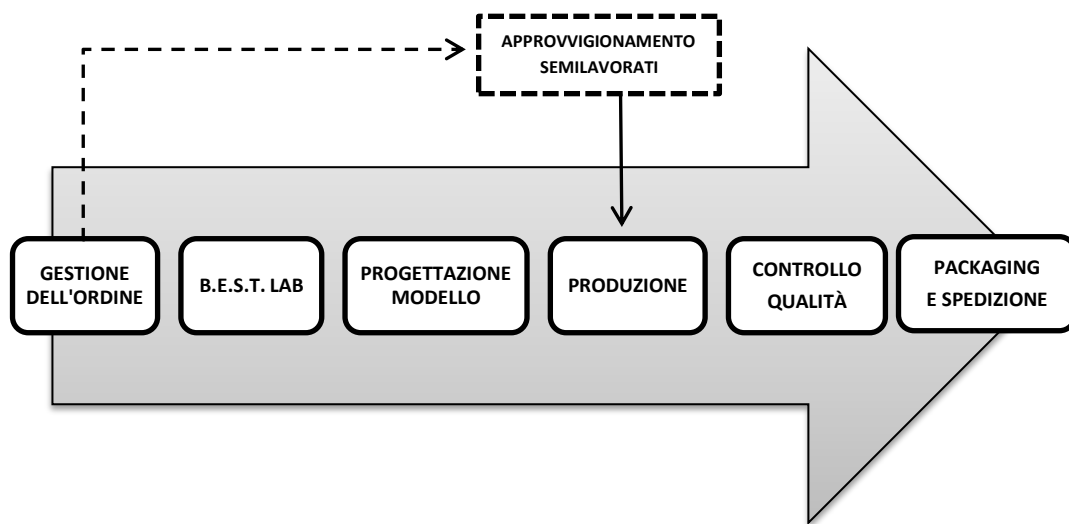


Figura 1.5 - Flusso delle attività.

Engraving Solutions è caratterizzata da una forma di risposta al mercato di tipo “Purchase to Order”, in cui la commessa del cliente avvia l’intero processo produttivo fin dalle fasi di acquisto materie prime e semilavorati. La scelta di tale strategia è dovuta, essenzialmente, alle esigenze della funzione *Controlling Perini* nonché all’elevato costo e ingombro dei semilavorati, per i quali serve la certezza di utilizzarli prontamente. La fase di approvvigionamento è vincolata quindi a un contratto di vendita con il cliente. Sotto tale politica operativa, sebbene l’obiettivo sia garantire la massima customizzazione, qualità del prodotto e allo stesso tempo un’incidenza minima di scorte, il cliente finale sarà costretto ad accettare un tempo di attesa che comprende, oltre alla consegna e alla lavorazione, anche il tempo di fornitura. Tutto

questo determina tempi molto lunghi per il completamento di una commessa che spesso, in fase di offerta, pregiudicano la conferma degli ordini. La criticità del fattore tempo, come abbiamo accennato in precedenza, diventa ancora più rilevante nel caso di commesse verso i mercati oltre oceano in cui il trasporto incide ulteriormente sulle tempistiche. Per una maggiore comprensione della realtà operativa di *Engraving Solutions* analizziamo le fasi principali con maggior dettaglio.

“La Gestione dell’ordine” rappresenta la parte commerciale della commessa, il primo contatto dell’azienda con il cliente. Questa fase si realizza direttamente nell’intranet aziendale. Il responsabile commerciale attraverso un configuratore di prodotto inserisce le informazioni preliminari del rullo e dell’incisione fornite dal cliente e valutando gli ordini futuri e il carico di lavoro attuale definisce una data di consegna e un’offerta provvisoria. Una volta che il cliente accetta l’offerta, questa diventa un ordine effettivo per l’azienda che attiva le fasi successive. Alcuni clienti consolidati possiedono delle utenze personali che consentono l’accesso al configuratore e la possibilità di valutare tempi e prezzi autonomamente.

La fase successiva “*B.E.S.T. LAB*” rappresenta il pacchetto di servizi accessori, trasversali all’incisione del rullo gofratore, che l’azienda mette a disposizione dei clienti per le diverse esigenze di mercato. Generalmente questo pacchetto di servizi è indirizzato alle industrie cartiere il cui prodotto (igienico o asciuga-tutto) è realizzato in larga scala e diretto al mercato di consumo. L’azienda offre su richiesta del cliente una serie di servizi che vanno dall’iniziale studio dei consumatori e del mercato di sbocco per realizzare il *Brand* di prodotto più efficace, allo studio dell’incisione da un punto di vista tecnico-progettuale. Infine attraverso campioni e un laboratorio specializzato viene offerta al cliente la possibilità di valutare in breve tempo il nuovo prodotto e analizzare nel dettaglio l’effetto dell’incisione sulla carta.

Nei paragrafi precedenti è stata ampiamente sottolineata l’importanza del modello d’incisione sulla riuscita del prodotto finito e quindi sulla soddisfazione del cliente. L’esperienza e la professionalità acquisita negli anni consentono di fornire un servizio efficiente, flessibile e completo al cliente che è coinvolto attivamente in tutte

le fasi di progettazione grazie ad applicativi avanzati e alla piena disponibilità di un team di progettazione che risponde nel modo migliore a qualsiasi richiesta.

La progettazione dell'incisione, che inizia con lo studio dell'idea del cliente, può avvenire in tre modi diversi:

- 1) ELABORAZIONE NUOVE IDEE: L'alternativa più lunga e complessa perché richiede uno sviluppo ex novo del progetto, in quanto il cliente non ha la minima idea di cosa produrre. L'ufficio tecnico sviluppa nuove proposte su *Photoshop* o altri software grafici attingendo dal catalogo aziendale solo per avviare una discussione con il cliente e giungere, dopo diversi step, a un disegno costruttivo. Mediamente per ogni nuovo disegno i responsabili impiegano sette ore di sviluppo.
- 2) PROPOSTA DA RIELABORARE O MODIFICARE: In questo caso il cliente ha già una propria idea di disegno che può provenire direttamente dal catalogo *Engraving* o magari da prodotti lanciati dai propri competitors. La progettazione si limita a un semplice adattamento dell'idea di partenza alle esigenze e specifiche del cliente. Mediamente i responsabili impiegano due ore per l'adattamento e la revisione.
- 3) DISEGNO INCISIONE ESISTENTE: L'alternativa più semplice in termini di gestione, in quanto l'idea è stata già sviluppata ed è necessario solamente un adattamento produttivo tramite software CAD e la successiva conversione in linguaggio macchina per le lavorazioni in officina.

Una volta realizzato il modello d'incisione, questo è sottoposto a una successiva fase di analisi che consente di identificare eventuali criticità prima della fabbricazione del rullo (fig. 1.6). Questa fase di validazione denominata "Pattern Analysis", introdotta nel 2007, si realizza tramite un applicativo che simula il processo di goffratura con il rullo da fabbricare e analizza le tensioni e le vibrazioni percentuali causate dall'incisione progettata sul rullo, a diverse distanze dello stesso.

Le tensioni calcolate sono confrontate con valori limite di riferimento che garantiscono la qualità del successivo processo di goffratura nel quale sarà impiegato il rullo prodotto.

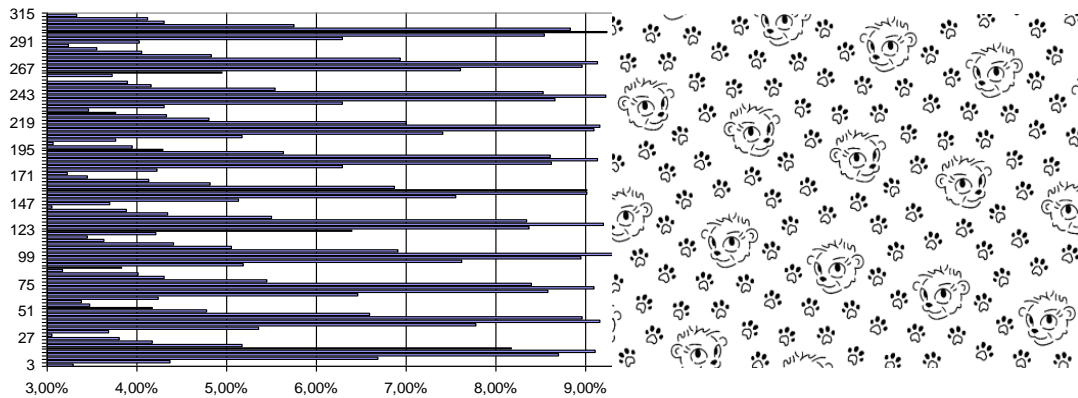


Figura 1.6 - Pattern Analysis.

In seguito, la progettazione continua con la fabbricazione di un rullino (corrispondente al rullo finale da produrre ma in scala ridotta) da installare sulla macchina pilota, per la produzione in tempo rapido e a costo contenuto dei primi campioni così da valutare insieme al cliente l'impatto dell'incisione sul prodotto finito. La qualità e la precisione dell'incisione sul rullo sono caratteristiche che il cliente tocca con mano in prima persona e rappresentano un valore aggiunto che influisce direttamente sulla valutazione del successivo prodotto tissue realizzato.

La complessità nella progettazione risiede sostanzialmente alla mole di dati tecnici e vincoli progettuali contrastanti che devono essere soddisfatti per assicurare la qualità del rullo e del successivo processo di goffratura. L'ufficio tecnico oltre all'idea e al disegno iniziale ha bisogno d'informazioni accurate in merito a:

- La macchina o linea di trasformazione in cui il rullo sarà installato;
- Tipologia di goffratura che sarà realizzata;
- Numero di fasce o il numero d'incisioni da realizzare su uno stesso rullo;
- Requisiti del cliente, relativi sia all'aspetto grafico sia alle caratteristiche attese nei prodotti *tissue* successivamente realizzati (morbidezza, resistenza, ecc.)

Terminata la gestione commerciale dell'ordine e la progettazione del modello d'incisione, la catena di attività prosegue con la produzione del rullo goffratore. Come descritto in precedenza *Engraving* è una realtà aziendale che produce su commessa, pertanto l'intero ciclo produttivo si attiva soltanto su ordine effettivo del cliente, così da minimizzare l'incidenza di eventuali scorte e garantire la massima flessibilità operativa. Ogni commessa può essere in conto lavoro o in fornitura completa. Nel primo caso non è presente alcuna attività logistica di fornitura, poiché il semilavorato è fornito direttamente dal cliente, nel secondo caso invece l'azienda oltre alle fasi produttive deve anche approvvigionare il semilavorato e questo incide sui tempi di completamento della commessa stessa. Inoltre, le caratteristiche del business e la strategia operativa non hanno evidenziato la necessità di stabilire una precisa attività di analisi della domanda che sia in grado di fornire al management indicazioni utili sui fabbisogni produttivi e d'acquisto, necessari a soddisfare le richieste future.

Non esiste un'attività previsionale strutturata, ma annualmente il responsabile di produzione riceve dalla divisione commerciale *Fabio Perini* le previsioni di vendita delle linee di produzione per l'anno seguente. Dato che le commesse Perini rappresentano il 70% del fatturato, viene stimato dal dato "grezzo" il quantitativo di gruppi Goffratori che saranno realizzati e il relativo impegno in termini di risorse per l'anno seguente. Questo può rappresentare un fattore critico, poiché la previsione delle richieste future è essenziale per un efficiente esercizio d'impresa e inoltre, come sarà sottolineato nei capitoli successivi, un efficace sistema di controllo delle scorte fa affidamento su dati statistici e previsionali che consentono di trovare il giusto compromesso tra incidenza dei costi e livello prestazionale offerto ai clienti.

L'attività di produzione si affida a suite di software specializzati e al sistema *ERP SAP* per monitorare, in tempo reale, l'impegno delle risorse aziendali e gli avanzamenti dei semilavorati durante tutto il ciclo produttivo. Le informazioni riguardanti il carico e lo scarico delle fasi di produzione fluiscono ai software di controllo mediante l'impiego di strumentazione a lettura ottica che registrano l'inizio e la fine di un'attività e danno in output una serie d'indicazioni utili alla costruzione di dashboard per valutazioni di produttività e costo. L'area produttiva *Engraving* si erge su uno spazio di circa 3000mq

nella zona industriale di Mugnano a Lucca ed è caratterizzata da un layout funzionale, organizzato su due turni lavorativi di otto ore ciascuno.

Il layout funzionale è caratteristico delle aziende che producono su commessa, poiché assicura mix e flessibilità produttiva elevata nonostante le specifiche della commessa cambiano di volta in volta. Le criticità di tale assetto produttivo risiedono essenzialmente sulla difficoltà di pianificare e controllare la produzione e di gestire i diversi flussi informativi che accompagnano ogni commessa. Analizzando nel dettaglio il layout, in figura 1.7, si nota come l'intero stabilimento sia stato sostanzialmente suddiviso in cinque macro aree funzionali:

- **REPARTO TORNITURA**
- **REPARTO RETTIFICA E SPAZZOLATURA**
- **REPARTO CORROSIONE IN ACIDO**
- **REPARTO LASER**
- **B.E.S.T. LAB**

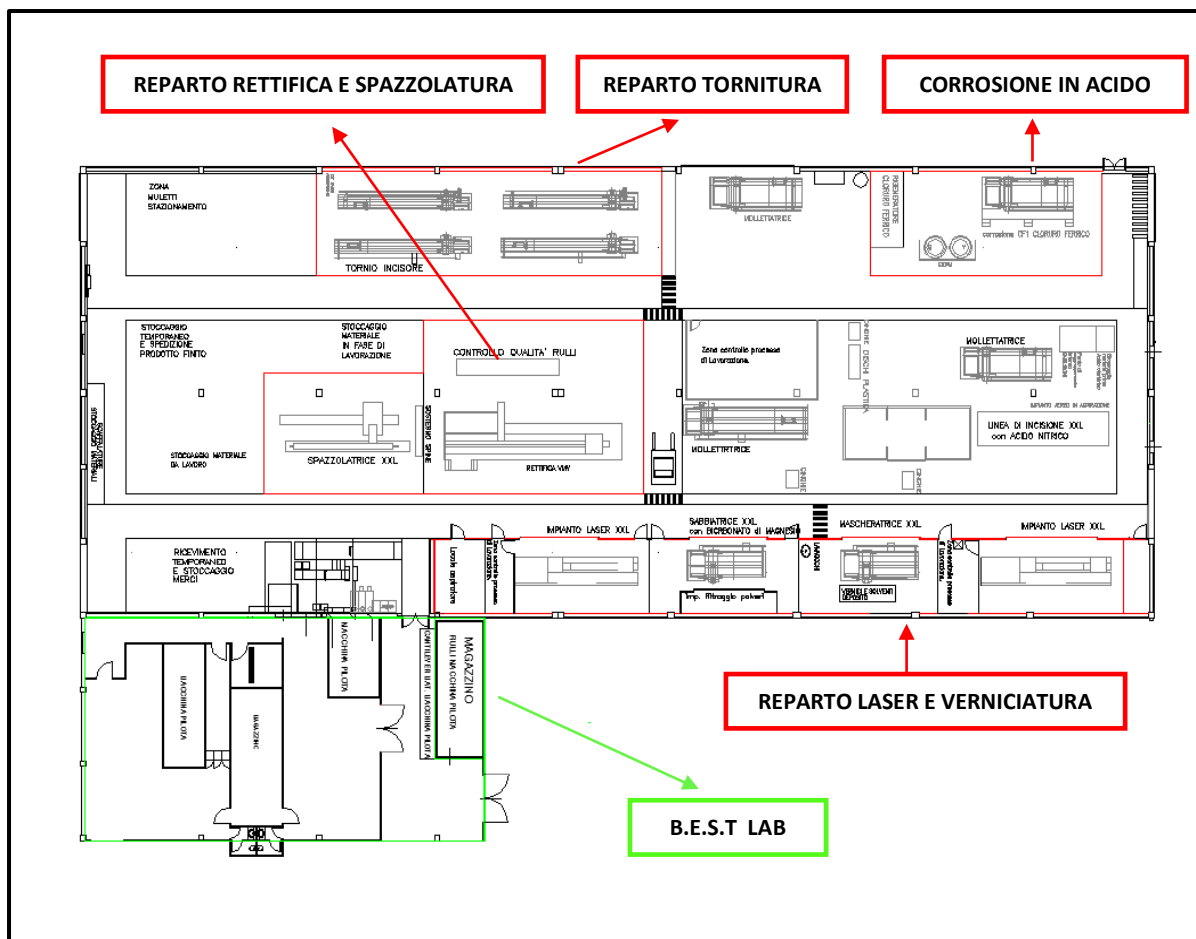


Figura 1.7 - Layout stabilimento Engraving Solutions.

Non è presente alcun magazzino o area di stoccaggio, ma sono solo zone di attesa per i *work in process* in prossimità dei vari reparti produttivi. Le materie prime e i rulli semilavorati da incidere sono approvvigionati di volta in volta e sono convogliati direttamente nel flusso produttivo, questo perché, considerando l'elevato costo e ingombro, serve la certezza di consumarli prontamente e il loro acquisto è vincolato a un ordine effettivo del cliente.

Per quanto riguarda i cicli produttivi essi seguono la classificazione delle incisioni che abbiamo discusso al paragrafo 1.2. (fig. 1.8).

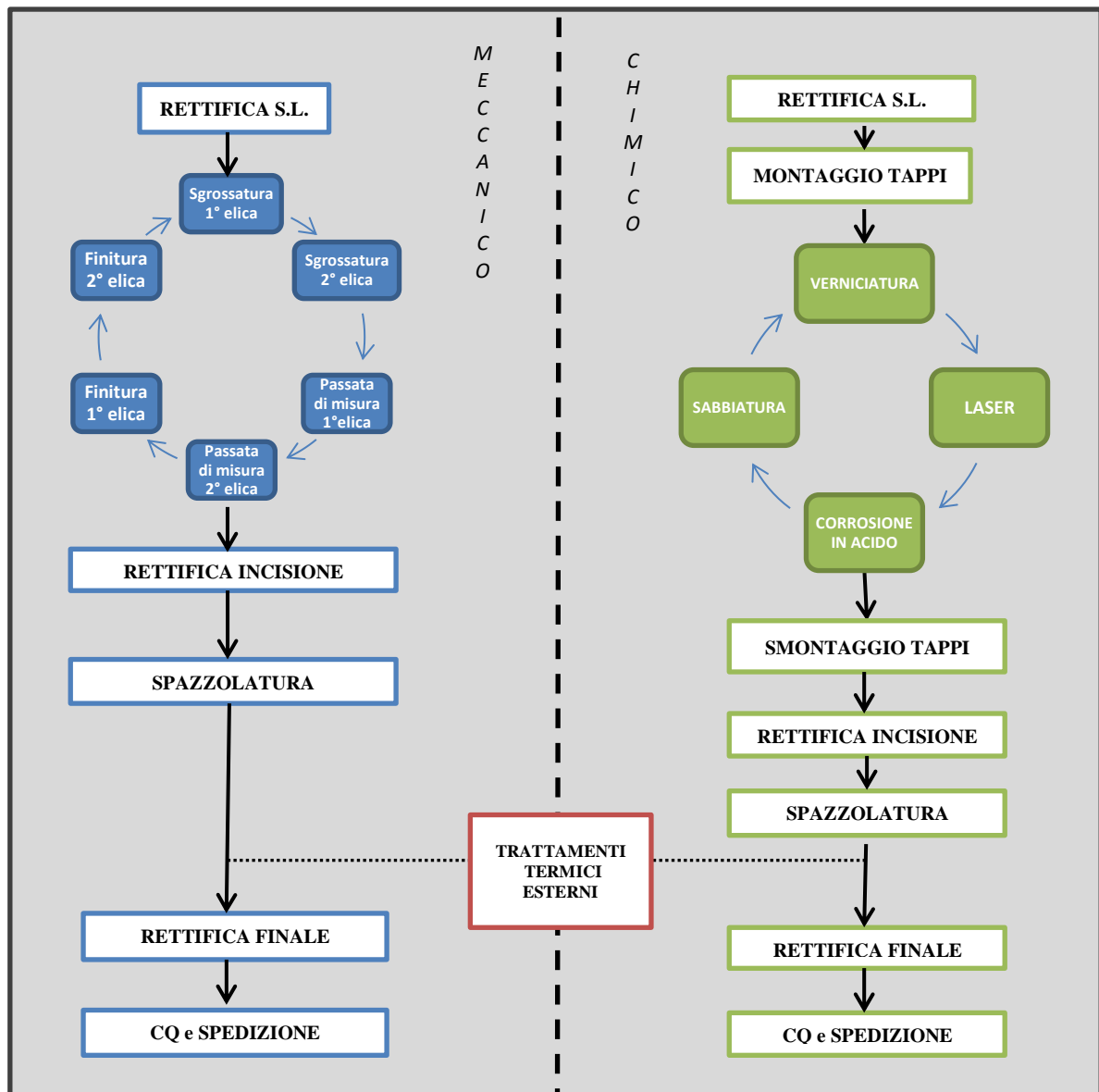


Figura 1.8 - Cicli di produzione.

In base alle caratteristiche dell'incisione abbiamo un ciclo di produzione *meccanico* che vede il susseguirsi di una serie di lavorazioni per asportazione di truciolo e un ciclo di produzione *chimico*, caratterizzato invece, da un processo corrosivo d'incisione laser e bagno in acido.

In entrambi è presente un *LOOP* centrale di lavorazioni, il cui numero aumenta in funzione delle caratteristiche geometriche e della profondità dell'incisione che si vuole realizzare. Il numero di ripetizioni è di fondamentale importanza per l'ottima riuscita senza "scalature" del profilo inciso. I cicli prevedono anche trattamenti termici di cromatura o nitrurazione presso fornitori certificati, al fine di incrementare la resistenza superficiale e all'usura del prodotto, allungandone così il ciclo di vita. La sequenza e la lunghezza di ogni attività variano per ciascuna commessa e questo complica enormemente la pianificazione produttiva e il controllo del flusso informativo; diventa complicato assicurare al cliente flessibilità e contemporaneamente bilanciare le diverse fasi produttive.

1.6 Gestione futura e *Project Scope*

Le caratteristiche operative e l'orientamento strategico di *Engraving Solutions* sebbene da un lato garantiscano flessibilità produttiva, customizzazione e qualità dei prodotti, dall'altro implicano dei tempi piuttosto lunghi per il completamento di una commessa. Le fasi che caratterizzano ciascuna commessa sono riassunte schematicamente in figura 1.9, evidenziando il lead time, espresso in settimane, necessario a svolgere ogni attività.

Il cliente finale sarà costretto ad accettare un tempo di attesa che comprenderà oltre alla lavorazione e alla consegna anche il tempo di approvvigionamento del rullo semilavorato, spesso considerevole, che può pregiudicare la conferma dell'ordine in fase di offerta.

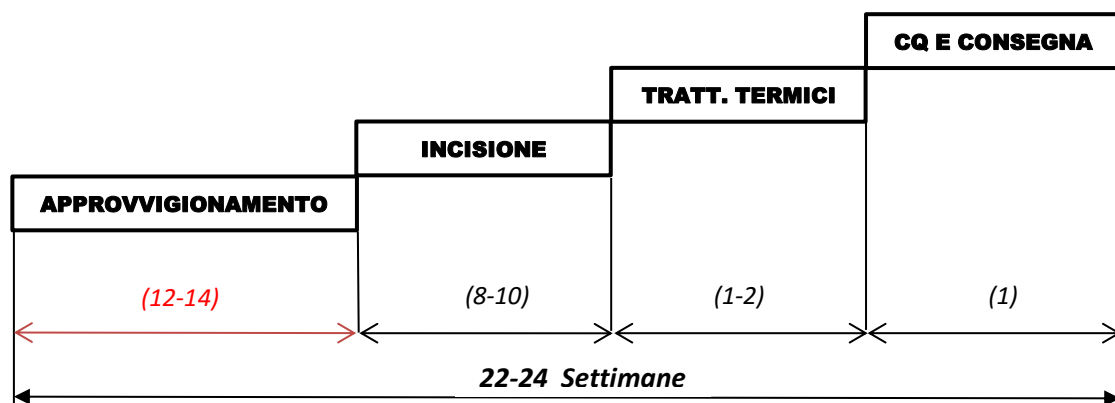


Figura 1.9 - Lead Time cumulato.

Nei mercati odierni stanno assumendo notevole importanza la differenziazione e la valorizzazione dei prodotti, i quali devono offrire vantaggi tecnici, funzionali ed anche emozionali tali da meritarsi un *premium-price*. L'accesa concorrenza inoltre, obbliga le aziende a seguire l'evoluzione dei consumi e a comprimere il più possibile il time to market dei propri prodotti. *Engraving Solutions* è convinta che soddisfare gli ordini dei clienti in un tempo ridotto sia diventato fondamentale per conseguire un vantaggio competitivo e intende migliorare la propria performance relativamente a questo punto. Tutto questo, unitamente ai segnali di crescita dei mercati in Brasile e Nord America, per i quali l'azienda produce soltanto in fornitura completa, ha accresciuto l'importanza di rivedere l'attuale orientamento strategico implementando una gestione a scorta dei rulli semilavorati da incidere. Questo consentirà così di ridurre drasticamente il tempo necessario al completamento di ciascuna commessa, dal momento che gli articoli da lavorare sono già presenti in magazzino e renderà l'attività di produzione più costante e regolare. Tuttavia l'implementazione di un magazzino e la gestione a scorta dei materiali non sono attività semplici e immediate come potrebbero sembrare, ma hanno bisogno di due elementi chiave per la corretta gestione:

- Una metodologia di analisi della domanda che sia in grado di determinare il livello di servizio corrispondente al livello di scorta in magazzino e quindi il livello ottimale d'inventario; superando così l'attuale gestione basata sull'esperienza e sulle impressioni della funzione commerciale. In particolare, di fronte a tempi di consegna dei fornitori che possono arrivare anche a tre mesi, diventa fondamentale prevedere i fabbisogni futuri in modo da avere una scorta che permetta di soddisfarli.
- Un efficace ed efficiente sistema di controllo che sappia risolvere i compromessi di gestione impliciti e sappia determinare "*quanto*" e "*ogni quanto*" ordinare.

Tutto questo rappresenta l'obiettivo centrale del progetto promosso dall'azienda e affrontato nel seguente lavoro di tesi, la realizzazione di una struttura operativa e informativa che consenta al management di gestire a magazzino i rulli semilavorati.

CAPITOLO II

LA GESTIONE DELLE SCORTE

2.1 Introduzione

Nel primo capitolo è stato analizzato il contesto aziendale in cui nasce e si sviluppa questo progetto. È stata approfondita la realtà Engraving Solutions, l'assetto produttivo e le forzanti al cambiamento che hanno spinto l'azienda a modificare l'attuale orientamento strategico con l'implementazione di un magazzino per la gestione a scorta dei semilavorati necessari nelle diverse fasi produttive.

Il concetto di scorta sarà invece l'argomento centrale di questo secondo capitolo. Infatti, prima di entrare nel dettaglio con la metodologia applicata per gestire a magazzino i materiali, è bene comprendere cosa s'intende realmente per scorta, quali sono le funzioni svolte e come queste impattano sulle performance aziendali. Sarà fornito un primo quadro generale sui fattori più rilevanti che concorrono nella gestione delle scorte.

2.2 Il Ruolo delle scorte

Negli ultimi quarant'anni il sistema economico è stato caratterizzato da profondi processi di ristrutturazione nelle strutture organizzative, nelle configurazioni produttive e nelle relazioni tra imprese. Fino agli anni settanta i mercati mondiali erano in forte espansione e il vantaggio competitivo risiedeva nella capacità di rispondere all'elevata domanda con quantità sufficienti. Le aziende quindi erano essenzialmente orientate alla produzione e all'efficienza produttiva. Negli anni ottanta s'iniziò a dubitare della validità di tale assetto produttivo, organizzato secondo criteri prettamente rigidi e gerarchici. La saturazione dei mercati e la standardizzazione delle offerte hanno, di fatto, modificato l'atteggiamento dei consumatori che non si

accontentavano più di prodotti “generici”, ma pretendevano prodotti aderenti il più possibile alle loro specifiche esigenze, in una parola “personalizzati”.

Così la necessità di rispondere al mercato odierno con una maggiore flessibilità e in tempi sempre più ristretti garantendo contemporaneamente personalizzazioni nei prodotti ed elevati standard qualitativi, ha spinto sempre più aziende a fondare il proprio vantaggio competitivo su sistemi di gestione più affinati e performanti.

In quest’ottica, la gestione delle scorte ha assunto un ruolo sempre più strategico, contribuendo sia al recupero dei margini di efficienza nell’ottimizzazione dei costi, sia a una migliore performance nei livelli di servizio percepiti dai clienti.

Generalmente il concetto di scorta può riferirsi a un insieme di articoli pienamente intercambiabili tra di loro che, lungo la catena logistica, sono in attesa di partecipare a un processo di trasformazione o di distribuzione [GRANDO 1995].

L’organizzazione internazionale *The American Production and Inventory Control Society* (APICS) definisce le scorte e la loro gestione:

“Un termine generico che coinvolge diverse tecniche e svariati concetti al fine di mantenere le quantità di materiali a determinati livelli, coerenti con la pianificazione della produzione e le previsioni di vendita future.”

Funzionalmente parlando, rappresenta una gestione dei materiali che assicura da un lato redditività e soddisfazione dei clienti, dall’altro una minimizzazione dei livelli d’investimento in scorte e la massima utilizzazione delle risorse produttive.

Anche *Chikàn* [2009] sottolinea la stretta relazione esistente tra le scorte, le caratteristiche produttive e le richieste del mercato, ed esprime un punto di vista sinergico con l’attuale concezione di catena del valore, identificando le scorte come un mezzo strategico per conseguire e mantenere un vantaggio competitivo.

Da queste semplici definizioni si evince come le aziende ricorrano all’utilizzo delle scorte per ovviare alla variabilità *endogena* ed *esogena* cui il sistema impresa è sottoposto regolarmente. La prima si lega agli elementi interni dell’impresa. Problemi di logistica e di movimentazione interna, presenza di colli di bottiglia, errori della programmazione della produzione, guasti improvvisi delle risorse produttive e l’insieme di tutte le difformità che si sviluppano attorno al processo di trasformazione.

La seconda invece si lega agli elementi esterni dell'impresa che possono influenzarne le performance, tra cui l'imprevedibilità dei mercati, l'affidabilità delle forniture e l'eterogeneità delle offerte.

Il ruolo principale è assicurare fluidità e uniformità del processo produttivo con la variabilità del mercato finale. Le scorte svolgono una duplice funzione: supporto alle Operations produttive e distributive. Infatti, da un lato permettono di servire la domanda dei clienti mediante prelievo diretto degli articoli richiesti dal magazzino senza incorrere in *stock-out* o eventuali attese, dall'altro servono a disaccoppiare fasi produttive e distributive sequenzialmente collegate ma operanti a differenti velocità e frequenze. Nel concetto di scorta si racchiude quindi la duplice esigenza di rendere le aziende flessibili e reattive, in termini di capacità del sistema logistico-produttivo, ma nello stesso tempo garantire al cliente un predeterminato livello prestazionale.

Spesso i management considerano le scorte con prevenzione, come un assorbimento apparentemente inevitabile di risorse finanziarie, un qualche cosa che nessuno oggi è riuscito a eliminare; difficilmente riescono a concepirle come un investimento produttivo, una specie di nuova macchina o utensile [BOODMAN, 1999]. Le scorte sono tanto necessarie all'esercizio del sistema di produzione-distribuzione quanto lo sono gli impianti, le macchine e i mezzi di trasporto. Costituiscono la lubrificazione e il molleggio di un sistema di produzione-distribuzione e gli impediscono di incepparsi o rompersi sotto i colpi provenienti dall'ambiente esterno. Gli stessi criteri di base che regolano qualunque investimento di capitale guidano anche gli investimenti in scorte; i maggiori redditi o la riduzione dei costi devono essere equilibrati con investimenti e i relativi costi d'esercizio. Un investimento in scorte, così come l'acquisto di una nuova macchina, potrebbe comportare un risparmio di lavoro straordinario o di spese di addestramento o potrebbe aiutare a ridurre le fluttuazioni della quantità di mano d'opera impiegata; ovviamente ciò comporterà un corrispondente costo d'investimento di capitale più costi sorgenti relativi alle attività di magazzinaggio.

La gestione delle scorte è rilevante quindi, non soltanto per la funzione svolta, ma anche per l'incidenza economica sulle performance aziendali che obbliga i

management a ricercare il giusto compromesso tra livello di giacenza e di servizio che si vuole offrire al mercato [KOUMANAKOS, 2008]. Sono i diversi e spesso contrastanti gli elementi da prendere in considerazione per definire una politica di gestione delle scorte che sia nello stesso tempo efficace ed efficiente:

- *L'investimento*: le scorte assorbono capitali, per cui devono essere tenuti a magazzino solo se necessarie. Quanto più lungo è l'investimento di capitale in scorte e tanto più è differito il momento in cui le entrate monetarie, connesse al conseguimento dei ricavi, copriranno le corrispondenti uscite finanziarie generate dai costi di acquisto.
- *Obsolescenza/senescenza*: le scorte sono influenzate dal deterioramento tecnologico (obsolescenza) e da quello fisico (senescenza). Questo è strettamente collegato con la natura del materiale.
- *Spazio fisico*: il magazzino è formato da locali, attrezzature e personale in grado di ricevere, custodire e smistare materiali e prodotti. La gestione dello spazio nel magazzino, dunque, deve essere condotta con riferimento a tutti questi elementi unitamente all'ottimizzazione del flusso produttivo.
- *Costi di conservazione/movimentazione*: per il periodo in cui le scorte permangono in magazzino, si formano una serie di costi la cui entità sarà approfondita nei paragrafi seguenti, derivanti dalla loro gestione e dagli oneri connessi al capitale investito.
- *Posizione finanziaria*: le scorte in magazzino fanno parte del patrimonio di funzionamento, rientrano tra gli elementi dell'attivo circolante e possono essere correlate ad alcune voci del passivo, in particolare alle passività a breve termine (es. debiti verso fornitori).
- *Svalutazione/investimento*: spesso il buyer effettua acquisti non solo per le necessità interne, ma anche analizzando le tendenze del mercato. Se è previsto per il successivo periodo un aumento del prezzo della scorta, le quantità acquistate saranno esuberanti rispetto alle reali necessità. I costi di gestione della scorta, in questo caso, saranno inferiori al vantaggio ottenibile acquistando ad un prezzo inferiore (acquisto speculativo).

-
- *Livello di servizio*: rappresenta la componente principale della gestione delle scorte. Esso è inteso come la percentuale di periodi fuori scorta ritenuti sopportabili rispetto al totale del periodo di richieste.

Royal Little, fondatore del colosso americano *Textron* era solito affermare: *“managing inventory is working where the money is”*. Questa dichiarazione risalta la verità che l’inventario impegna la maggior parte del capitale ed è l’origine di molte voci di costo che caratterizzano qualsiasi business produttivo. Gestire in maniera efficace ed efficiente i materiali conservati a magazzino, è diventato un imperativo categorico per tutte le tipologie d’imprese, sia riguardo all’aspetto tecnico-operativo per il funzionamento regolare delle attività e la soddisfazione dei clienti, sia per quello economico-finanziario per il contenimento del capitale circolante.

2.3 Classificazione delle scorte

Dopo aver appreso il significato delle scorte e l'importanza di una loro corretta gestione, è doveroso classificarle per comprendere meglio il compito svolto all'interno del sistema logistico-produttivo. Le materie che vengono a costituire il magazzino di un'azienda manifatturiera, possono essere classificate in relazione a [BOODMAN, 1999]:

1. *GRADO DI FINITURA*: stato fisico dei materiali quando sono richiesti dal ciclo produttivo.

- *Materie prime*: sono costituite dai fattori produttivi in entrata, destinati alla trasformazione, che alimentano il processo produttivo; a esse vengono generalmente assimilati i cosiddetti materiali ausiliari, distinti in materiali di consumo e ricambi, i componenti e l'energia.
- *Semilavorati*: detti anche *work in process* (WIP), sono materiali che hanno subito alcune trasformazioni, ma che non sono ancora ultimati; essi assolvono la funzione di raccordo e bilanciamento tra fasi produttive differenti.
- *Prodotti finiti*: sono beni che, terminato il relativo processo di trasformazione, sono pronti per la vendita.

Questa prima classificazione è piuttosto arbitraria, infatti, un bene che costituisce materia prima o semilavorato per una particolare impresa può rappresentare parimenti un prodotto finito per un'altra impresa situata più a monte, nella catena logistica. Nel caso aziendale in oggetto, il rullo gofratore inciso rappresenta un prodotto finito per *Engraving Solutions* ma un componente per la *Fabio Perini* che sarà inserito successivamente in una macchina di produzione.

2. *FUNZIONE SVOLTA*: classificazione in base all'azione svolta lungo tutto il flusso produttivo.

- *Scorte di transito*: sono insite nel concetto di flusso, che richiede la presenza di materiale in movimento. Servono per ottimizzare

l'efficienza di un processo produttivo e devono essere proporzionali al tempo impiegato per trasferire un bene da un punto di lavorazione a un altro. In genere l'entità media di tali giacenze si calcola mediante la seguente espressione:

$$I = S \times T$$

In cui S sono le vendite medie (o il consumo) nell'unità di tempo, T rappresenta il tempo impiegato per passare da uno stadio al successivo e I la scorta di transito (relativa a questo stadio) necessaria. L'entità di queste scorte cambia solo se mutano il ritmo di vendita o il tempo di trasferimento. Quest'ultimo dipende in massima parte dal metodo di trasporto scelto.

- *Scorte ciclo*: si verificano ogni qualvolta l'utilizzatore fabbrica o acquista un determinato articolo in quantità maggiore di quelle richieste per l'uso immediato. Ad esempio, è uso comune acquistare le materie prime in quantità relativamente grandi, per avere sconti sul prezzo, per saturare i mezzi di trasporto o ridurre i costi d'ordine. Così come spesso è conveniente produrre in lotti di quantità maggiori dell'effettiva domanda per ragioni di economia di scala o tempi di set-up, che giustificano il mantenimento a magazzino delle quantità eccedenti.
- *Scorte di disaccoppiamento*: rendono indipendenti le diverse fasi del sistema produttivo-distributivo. Quando sono presenti fattori produttivi che hanno lead-time di produzione, tempi di attrezzaggio o criteri di aggregazione molto diversi, si cerca di ottimizzare la loro efficienza inserendo dei buffer di disaccoppiamento che rendono le diverse fasi produttive indipendenti tra loro. Per ridurre questo tipo d'immobilizzo, è necessario investire su impianti e attrezzature flessibili.
- *Scorte speculative*: sono giacenze costituite (indipendentemente dalla funzione tecnica svolta) al fine di trarre vantaggio da una variazione prevista dei prezzi in un determinato periodo di tempo. Esse costituiscono uno stock di prodotto in eccesso, rispetto alla stretta

necessità aziendale, che viene acquistato quando il valore delle materie presenta una flessione. E' facile comprendere come tale strategie sia fattibile solo con materiali che non presentano un grado di deperibilità o un rischio di obsolescenza elevato.

- *Scorte preventive*: sono necessarie quando il consumo durante l'anno varia in modo prevedibile e quando si desidera assorbire una parte di quest'oscillazione accumulando e consumando alternativamente delle scorte piuttosto che alterando il ritmo di produzione, con conseguenti variazioni nell'impiego della mano d'opera e di capitale necessario.
- *Scorte di sicurezza*: l'incertezza che caratterizza il sistema logistico-produttivo aziendale suggerisce il mantenimento di scorte che assicurino l'equilibrato e ininterrotto svolgimento delle *operations*. Fenomeni quali un ritardo nel tempo di approvvigionamento, l'anormale funzionamento del sistema logistico, ritardi nelle rilevazioni di magazzino, fermi-macchina imprevisti, impongono il mantenimento di livelli di giacenza superiori a quelli costituiti in condizioni di certezza. Tuttavia, poiché questa incertezza sfugge a ogni quantificazione assoluta, occorre individuare una relazione standard che tenga conto della prevista instabilità della domanda (o della fornitura) e del livello di servizio che si vuole assicurare ai clienti. L'entità di tale scorta, come sarà illustrato nei paragrafi seguenti, è legata innanzitutto all'accuratezza delle previsioni circa i futuri consumi e al livello di servizio che si vuole offrire al cliente.

3. *VITA UTILE*: classificazione in base al tempo per il quale le scorte possono essere mantenute a magazzino.

- *Scorte deperibili*: materiali soggetti ad alterazioni chimico-fisiche tali da renderne impossibile l'impiego e prodotti caratterizzati da una ciclo vita estremamente breve.

-
- *Scorte semi-deperibili*: materiali il cui valore si riduce col tempo senza annullarsi. In particolare possono essere considerati appartenenti a questa classe tutti i prodotti legati alle mode o ai gusti dei consumatori.
 - *Scorte durevoli*: tutti quei materiali che mantengono inalterato il loro valore e le loro caratteristiche per lunghi periodi di tempo.

4. *TIPO DI DOMANDA*: classificazione basata sulle caratteristiche della domanda degli articoli tenuti in magazzino.

- *Materiali a domanda indipendente*: sono quei prodotti il cui fabbisogno non può essere correlato direttamente al piano di produzione. La domanda di tali prodotti deve essere individuata mediante una previsione statistica delle future necessità.
- *Materiali a domanda dipendente*: sono generalmente tutti quei prodotti che entrano direttamente nel flusso produttivo come componenti o parti di prodotti finiti. Questi sono consumati solo quando è richiesto un assemblaggio di livello superiore. La domanda di tali articoli è direttamente correlata al piano di vendite sviluppato, che stabilisce il fabbisogno di ciascun prodotto finito. Tale domanda sarà determinata attraverso metodi deterministici, non appena sarà stata fissata la domanda di prodotti finiti per un certo periodo.

2.5 L'importanza delle previsioni

Se tutte le richieste o le necessità interne di un determinato prodotto fossero conosciute esattamente in anticipo, la decisione sulla quantità da acquistare o da fabbricare e sul momento in cui acquistarla o fabbricarla sarebbe un problema di facile soluzione la cui unica difficoltà, sarebbe quella di definire e misurare i relativi costi. Non esisterebbero nemmeno tutti i modelli di gestione sviluppati negli ultimi anni, poiché l'unico elemento rilevante per una corretta gestione sarebbe stato appunto la minimizzazione dei costi impliciti. In realtà nella gestione logistica si parte dal presupposto che la domanda finale non possa essere determinata con certezza, ma al più prevista e quindi soggetta ad errore.

Le previsioni sono essenziali per la gestione delle scorte perché forniscono l'informazione basilare per la progettazione di qualsiasi sistema di gestione dei materiali, il fabbisogno da soddisfare. Le previsioni possono essere grossolane, intuitive o anche implicite, nondimeno esistono. Il problema non è se queste siano necessarie o possibili, ma consiste nel sapere se le previsioni necessarie sono fatte tanto bene quanto potrebbero se fossero esplicitamente riconosciute e se venissero usate le tecniche statistiche e di ricerca di mercato disponibili [BOODMAN, 1999].

La domanda essendo stimata è soggetta a errori previsionali che inevitabilmente costano denaro: più sono grandi e maggiori saranno i rischi d'insolvenza o sovradimensionamento delle scorte. Dato che l'eliminare questi errori è praticamente impossibile, diventa fondamentale tener aggiornato il sistema di controllo delle scorte, esaminando sistematicamente la natura di tali errori e ricercando ogni possibilità di migliorare le tecniche previsionali.

Ai fini della programmazione inoltre è di particolare importanza distinguere tra la previsione delle vendite e delle richieste. Ci sono diverse ragioni per cui queste possono differire. Ad esempio, può esserci una notevole differenza temporale tra gli ordini dei clienti e l'incasso. D'altro lato, la previsione di vendita può rappresentare una sottovalutazione della richiesta se il sistema aziendale è incapace di far fronte al volume totale di ordini ricevuti. Un sistema di gestione dei materiali a magazzino deve essere progettato in primo luogo per reagire alle richieste del cliente, mentre la

previsione delle vendite è più indicata per una stima delle entrate, delle necessità di fondi, delle spese. Occorre fare una precisazione però. Non tutte le richieste devono essere calcolate: è la distinzione di beni a domanda indipendente e dipendente che abbiamo già introdotto. La domanda dei primi deve essere stimata, in quanto non può essere calcolata con esattezza, mentre la domanda dei secondi viene determinata aritmeticamente dalla domanda di beni di ordine superiore, che a loro volta potranno essere a domanda dipendente o indipendente.

In genere i sistemi di previsione della domanda si riferiscono alla richiesta di prodotti finiti [DE WITT, 1995]. Una volta prevista tale domanda, essa viene decomposta nella previsione dei fabbisogni relativi alle parti costituenti il prodotto. Esistono essenzialmente tre approcci differenti:

- Estrapolare le previsioni future dal comportamento del passato;
- Approccio qualitativo che cerca di identificare i fenomeni che determineranno la domanda futura;
- Sistemi misti;

Nel seguente lavoro di tesi saranno analizzati dettagliatamente i consumi passati di ciascun articolo al fine di ricercare andamenti fondamentali (*trend, stagionalità...*) e l'entità di fenomeni aleatori sovrapposti, che possono essere approssimati a variabili statistiche così da indagare la variabilità stessa della domanda.

Lo studio dettagliato della domanda è indispensabile per realizzare un metodo di controllo delle scorte che sia allo stesso tempo efficace ed efficiente. Il management non deve focalizzarsi esclusivamente sul consumo medio ma indagare sulla natura stessa della domanda, ricercare quei segnali deboli che gli forniscano linee guida per un'appropriata gestione dei materiali [HOWARD, 1984].

Come anticipato nel primo capitolo, l'attività previsionale svolta in *Engraving Solutions* è limitata a una condivisione degli ordini da parte dei clienti principali per l'anno successivo, allo scopo di definire un impegno massimo di risorse. Tale orientamento strategico è dovuto al fatto che non è mai stato necessario determinare i fabbisogni futuri dei diversi semilavorati da incidere, in quanto l'approvvigionamento

avveniva di commessa in commessa. Con la nuova gestione operativa diventa essenziale analizzare da un punto di vista statistico la domanda così da determinare quali saranno le richieste future da soddisfare. Inoltre, analizzando il modello di domanda sarà possibile approssimare la sua variabilità a un'opportuna variabile statistica, così da stimare la probabilità che la domanda effettiva assuma valori più estremi di quelli previsti e quindi di dimensionare i livelli di scorta in relazione al livello di servizio che si vuole garantire al cliente.

CAPITOLO III

IDENTIFICAZIONE DEI FORMATI TARGET

Gli articoli che *Engraving Solutions* ha deciso di gestire a magazzino sono i rulli d'acciaio semilavorati in cui sarà realizzata la successiva incisione su specifica del cliente. Tali articoli possono riferirsi sia ai rulli goffratori incisi sia a rullini campione per la macchina pilota.

Come rappresentato in figura 3.1 ciascun semilavorato è costituito da due componenti principali:

1. La *canna barenata*: il corpo centrale su cui sarà realizzata l'incisione; caratterizzata da un diametro e una lunghezza;
2. Due *Tamponi*: parti laterali che trasmettono la rotazione al rullo durante il funzionamento e ne assicurano il centraggio; caratterizzati da un diametro e da una forma geometrica che può essere conica o cilindrica, secondo il tipo di macchina su cui sarà utilizzato. Nell'ultimo caso le rettifiche sono svolte presso fornitori integrati.

Ciascun rullo semilavorato è caratterizzato, quindi, da due dimensioni geometriche, la lunghezza e il diametro esterno.

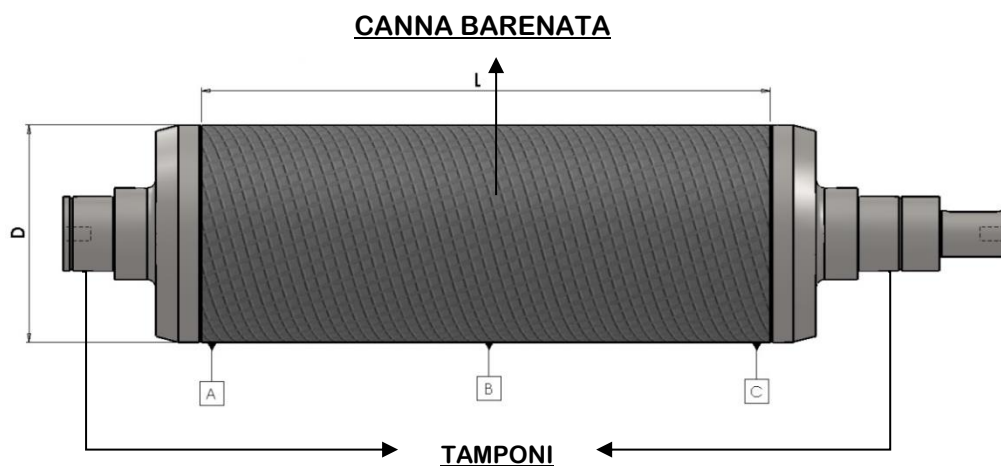


Figura 3.1 - Rappresentazione grafica di un rullo semilavorato

L'obiettivo iniziale del progetto è di identificare i semilavorati *Target*, ossia quegli articoli che presentano consumi e fattori strategici tali da giustificarne una gestione a magazzino. Tutti i rimanenti, invece, continueranno a essere approvvigionati di volta in volta ad ogni nuova commessa. L'azienda come anticipato, si affida al sistema gestionale *SAP* che traccia tutti i flussi operativi e informativi specifici per ciascuna commessa. Attraverso *SAP* è stato possibile estrarre un primo set di dati, contenente il totale degli articoli semilavorati consumati nei processi produttivi negli ultimi tredici anni. Questi dati sono stati poi ulteriormente dettagliati e stratificati in EXCEL, per realizzare proprio un database, riferito agli ultimi tredici anni (fig. 3.2), necessario per le successive attività di analisi.

Commessa	Art.	Ø	Tavola	Consegna	Tipologia Incisione	Data-Off	Trattamento
PEP00042	260038	498	2700	30/04/2003	Meccanica P.P.		Nitrurazione
PEP00059	260038	498	2700	30/04/2003	Meccanica P.P.		Nitrurazione
PEP00001	289105	280	650	30/04/2003	Meccanica A.G.	30/04/2003	Cromatura
PEP00002	289105	280	650	30/04/2003	Meccanica A.G.	30/04/2003	
PEP00003	270339	265	2800	30/04/2003	Meccanica A.G.	30/04/2003	Cromatura
PEP00004	500588	212,5	2700	30/04/2003	Meccanica A.G.	30/04/2003	Cromatura
PEP00009	268855	266	2700	30/04/2003	Meccanica A.G.	30/04/2003	
PEP00028	225975	409	2800	10/05/2003	Meccanica DESL	10/05/2003	Cromatura
PEP00029	225975	409	2800	10/05/2003	Meccanica DESL	10/05/2003	Cromatura
PEP00043	821022	314,6	2700	10/05/2003	Meccanica A.G.	10/05/2003	Cromatura
PEP00044	821022	314,6	2700	10/05/2003	Meccanica A.G.	10/05/2003	
...

Figura 3.2 - Storico consumo rulli semilavorati.

Il totale di articoli semilavorati incisi dall'*Engraving* comprende formati molto diversi che vanno a costituire un portafoglio di circa 400 articoli. Ovviamente è insensato decidere di gestire a scorta ciascuno di questi articoli. Sia perché alcuni presentano dei consumi bassissimi, relativi a commesse sporadiche, sia perché si riferiscono a formati ormai obsoleti e quindi fuori mercato. Per identificare quelli che sono i formati target, l'analisi si è basata essenzialmente sulle caratteristiche geometriche di lunghezza e diametro trascurando invece aspetti economici o di

profitto. La segmentazione dei semilavorati è stata condotta basandosi sul principio di *Pareto* e su considerazioni strategiche fornite dalla funzione Commerciale.

Il *Principio di Pareto*, noto anche come "legge 80/20", afferma che: all'interno di qualsiasi gruppo di oggetti da controllare, solo una piccola percentuale di questi sarà rilevante. In altre parole, la maggior parte degli oggetti nel gruppo non fornisce alcun contributo rilevante, mentre pochi ma importanti oggetti hanno la massima significatività sul gruppo. Generalmente l'80% degli effetti di un fenomeno è dovuto al 20% delle cause che lo costituiscono, da cui il nome della legge [LANCIONI, 1978].

Naturalmente le percentuali 80% e 20% sono ottenute mediante osservazioni empiriche e sono da considerarsi come valori indicativi, in quanto, possono oscillare di circa dieci punti a seconda del contesto e del fenomeno analizzato. La legge si applica a qualsiasi campo e fa parte dei *7 strumenti di Ishikawa* adottati nell'ambito qualità. In logistica, spesso è riadattato e impiegato per la famosa classificazione *A.B.C.* (fig. 3.3), strumento utile per suddividere il portafoglio prodotti di un'azienda.

I prodotti sono classificati in funzione del valore d'impiego, dato dal prodotto tra il valore unitario dell'articolo e la quantità consumata nel periodo di riferimento, ed è assegnato a ciascuno un diverso livello di controllo secondo l'importanza che assume. L'effettivo controllo di un intero gruppo di articoli si può ottenere concentrandosi solo su alcuni importanti articoli, contribuendo a realizzare un sistema efficace ed efficiente.

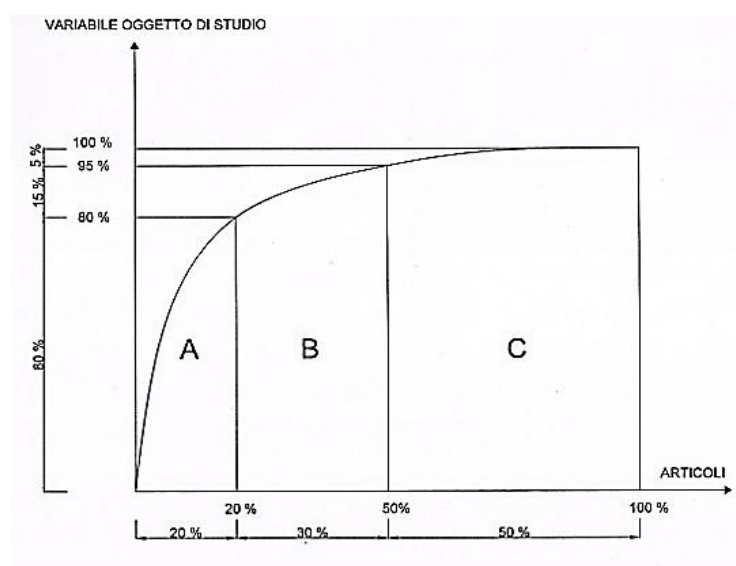


Figura 3.3 - Distribuzione generica di Pareto

3.1 Analisi di Pareto

Considerando che il prezzo di ciascuna commessa dipende in massima parte dalle caratteristiche dell'incisione e non è influenzato dalle caratteristiche geometriche del rullo, esso risulta molto arbitrario. Il valore economico delle commesse su cui sono stati impiegati i semilavorati non è un parametro attendibile per identificare quelli che sono gli articoli target, in quanto, rulli dello stesso formato possono avere un valore completamente diverso a secondo dell'incisione realizzata.

Generalmente il prezzo dipende dalla tipologia d'incisione (doppia altezza, *softop*, PPP-*evo*, *pixel*, ecc.), dalla profondità raggiunta, dal numero di fasce e dal tipo di trattamento termico che a sua volta dipenderà dal processo di goffratura successivo. Tutti elementi che sono comunemente ignoti a priori e sono stabiliti di commessa in commessa. Per tale ragione l'identificazione degli articoli target non ha preso in considerazione aspetti economici o di redditività ma solo le caratteristiche geometriche dei semilavorati, unitamente a considerazioni strategiche, relativi ai clienti e alle macchine su cui gli articoli saranno utilizzati.

Le analisi svolte si basano sul totale dei consumi registrati a partire dal 2013, anno di nascita di *Engraving Solutions* che segna un cambiamento nel management e negli obiettivi aziendali. Sono stati trascurati i dati antecedenti al 2013, ritenuti poco significativi, ed i consumi relativi a particolari clienti o casi di *Re-store*, in cui il semilavorato non è approvvigionato dall'azienda ma viene fornito sistematicamente dal cliente. Sono state svolte tre analisi di *Pareto* concatenate sui dati di consumo, fissando in ascissa un parametro caratterizzante il semilavorato e in ordinata la relativa quantità venduta, espressa in percentuale sul totale.

In base alla variabile cumulata, gli articoli sono stati poi ripartiti in 3 classi di rilevanza:

- Classe A: valore limite cumulato pari a 85% che identifica gli articoli target da gestire a magazzino;
- Classe B: valori compresi tra 85%-95% per la quale si analizzano le politiche e le tempistiche di approvvigionamento, ma la cui gestione rimane invariata;
- Classe C: valori compresi tra 95%-100% articoli la cui gestione rimane invariata;

La prima valutazione di *Pareto* si basa sui dati riportati in tabella 3.1, in cui la prima colonna si riferisce alle diverse lunghezze di tavola, la seconda riporta il corrispondente quantitativo consumato negli ultimi tre anni, la quarta riporta la quantità percentuale sul totale consumato e infine l'ultima colonna esprime la relativa percentuale cumulata. Sono stati quantificati e valutati tutti i formati di tavola utilizzati negli ultimi tre anni e quelli appartenenti alla classe **A**, ossia i formati di tavola che costituiscono l'85% del totale dei semilavorati consumati negli ultimi tre anni (tab. 3.1), sono stati fissati per la successiva analisi.

Tavola Rullo (mm)	Quantità consumate (2013-2015)	Quantità %	Quantità % cumulata	Classe
2800	341	55,2%	55,2%	A
2900	104	16,8%	72,0%	
3500	45	7,3%	79,3%	
2700	33	5,3%	84,6%	
650	13	2,1%	86,7%	B
1900	12	1,9%	88,7%	
3700	9	1,5%	90,1%	
900	8	1,3%	91,4%	
3300	6	1,0%	92,4%	
2500	6	1,0%	93,4%	
2100	6	1,0%	94,3%	
3100	5	0,8%	95,1%	
2750	5	0,8%	96,0%	C
2300	5	0,8%	96,8%	
1950	4	0,6%	97,4%	
700	4	0,6%	98,1%	
2850	3	0,5%	98,5%	
2350	2	0,3%	98,9%	
850	2	0,3%	99,2%	
750	2	0,3%	99,5%	
550	2	0,3%	99,8%	
450	1	0,2%	100,0%	
Totale	618	100,0%		

Tabella 3.1 - Dati analisi Tavole.

La figura 3.4 rappresenta proprio la distribuzione di Pareto corrispondente alla percentuale cumulata di consumo, relativa alle tavole. In questa prima analisi la dimensione tavola è stata fissata come variabile in ascissa nel diagramma. Le barre in verde si riferiscono alle lunghezze di tavola che costituiscono l'85% del consumo totale.

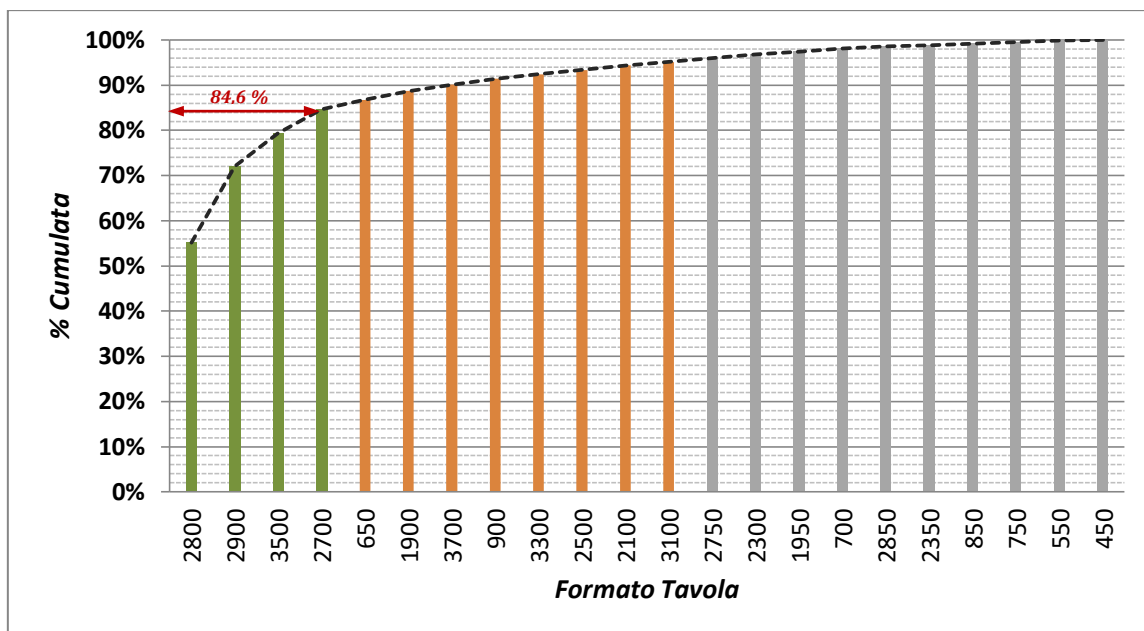


Figura 3.4 - Diagramma di Pareto relativo alle Tavole.

Nella seconda analisi sono stati valutati tutti i diametri consumati negli ultimi tre anni (tab. 3.2), relativi alle dimensioni di tavola fissate in precedenza. Anche in questo caso i diametri appartenenti alla classe **A** sono stati fissati per la successiva e ultima stratificazione, che consentirà di identificare gli articoli target da gestire a magazzino. La figura 3.5 rappresenta la distribuzione di Pareto corrispondente alle percentuali cumulate in cui la variabile in ascissa è rappresentata, questa volta, dalla dimensione diametro.

Diametro Rullo (mm)	Quantità consumate (2013-2015)	Quantità %	Quantità % cumulata	Classe
500	228	43,6%	43,6%	A
409	130	24,9%	68,5%	
502,2	43	8,2%	76,7%	
320	33	6,3%	83,0%	
360	20	3,8%	86,8%	
597	18	3,4%	90,2%	B
265	8	1,5%	91,8%	
212,5	6	1,1%	92,9%	
498	5	1,0%	93,9%	
238,5	5	1,0%	94,8%	
560	3	0,6%	95,4%	
320,5	3	0,6%	96,0%	C
319	3	0,6%	96,6%	
238	3	0,6%	97,1%	
510	2	0,4%	97,5%	
421	2	0,4%	97,9%	
420	2	0,4%	98,3%	
318,35	2	0,4%	98,7%	
600	1	0,2%	98,9%	
506	1	0,2%	99,0%	
500,4	1	0,2%	99,2%	
490	1	0,2%	99,4%	
408,8	1	0,2%	99,6%	
270	1	0,2%	99,8%	
238,35	1	0,2%	100,0%	
Totale	523	100,0%		

Tabella 3.2 - Dati Analisi tavole.

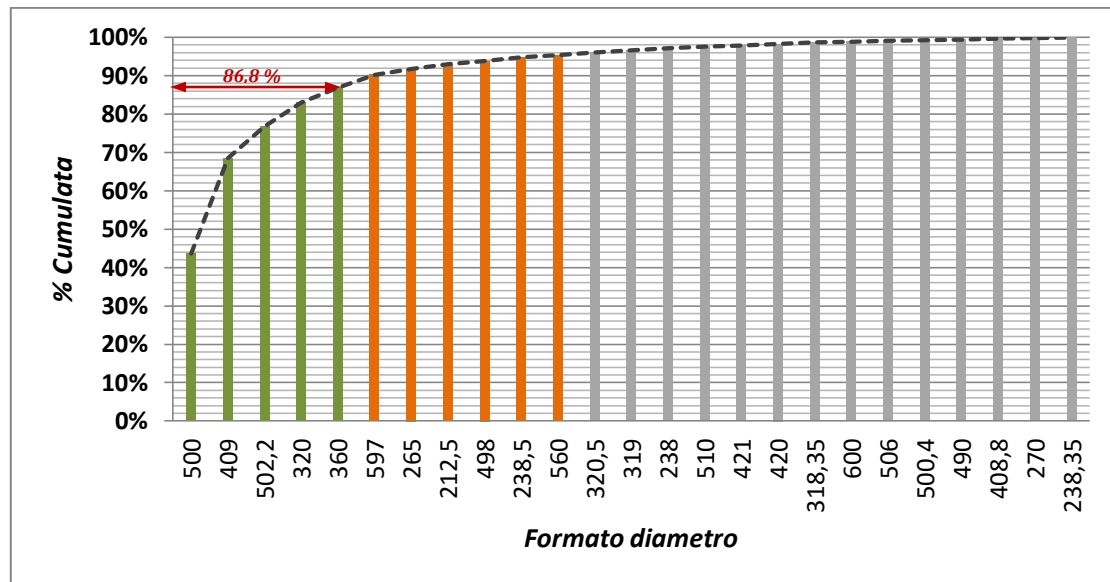


Figura 3.5- Diagramma di Pareto relativo ai diametri.

Dalle precedenti analisi è stato possibile definire i formati di tavola e di diametro più consumati negli ultimi tre anni. Dalla combinazione di tali misure, si ottiene un gruppo di semilavorati con un preciso codice identificativo per l'ultima classificazione (tab. 3.3) e il relativo diagramma di Pareto (fig. 3.6), così da identificare quei semilavorati target i cui consumi giustificano una gestione a magazzino.

Articolo S.L. (mm)	Quantità consumate (2013-2015)	Quantità %	Quantità % cumulata	Classe
268240	127	28,0%	28,0%	A
285581	73	16,1%	44,1%	
299796	65	14,3%	58,4%	
267945	33	7,3%	65,6%	
367584	25	5,5%	71,1%	
297167	24	5,3%	76,4%	
303423	19	4,2%	80,6%	
318763	18	4,0%	84,6%	
251415	15	3,3%	87,9%	
368992	6	1,3%	89,2%	B
312829	5	1,1%	90,3%	
287568	5	1,1%	91,4%	
268654	5	1,1%	92,5%	
368881	4	0,9%	93,4%	
306548	3	0,7%	94,1%	
297386	3	0,7%	94,7%	
282329	3	0,7%	95,4%	
282000	3	0,7%	96,0%	C
268374	3	0,7%	96,7%	
H018849	2	0,4%	97,1%	
347926TP	2	0,4%	97,6%	
268240PP	2	0,4%	98,0%	
319475	2	0,4%	98,5%	
303283	2	0,4%	98,9%	
285741	2	0,4%	99,3%	
326391	1	0,2%	99,6%	
285842	1	0,2%	99,8%	
205602	1	0,2%	100,0%	
Totale	454	100,0%		

Tabella 3.3 - Dati analisi degli articoli semilavorati.

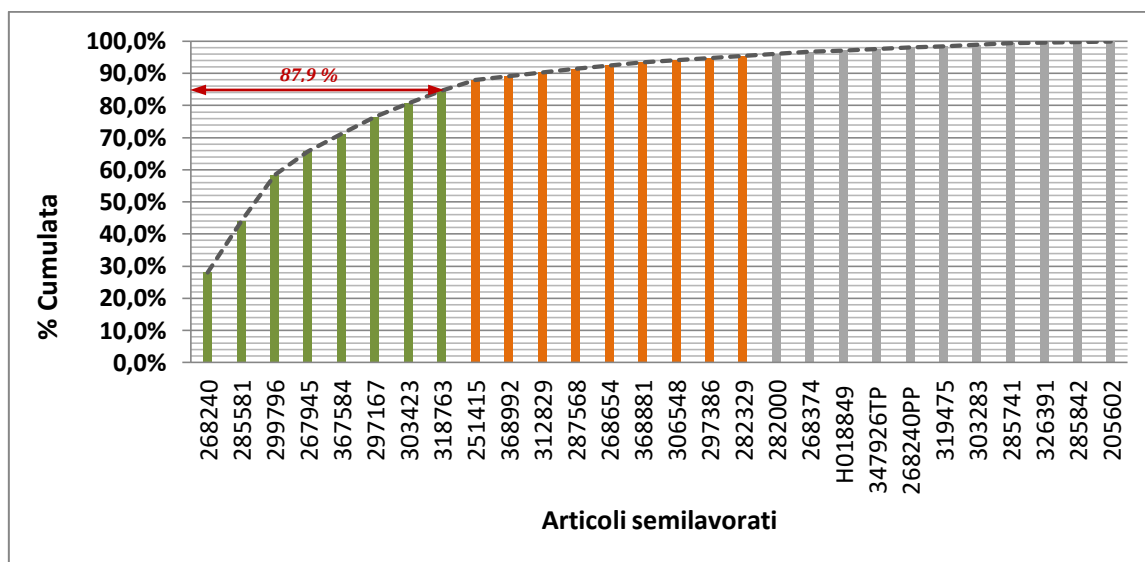


Figura 3.6- Diagramma di Pareto relativo agli articoli.

Anche in questo caso gli intervalli di classificazione rimangono gli stessi. I semilavorati che rientrano nella classe **A** rappresentano proprio gli articoli target che stavamo ricercando, figura 3.7, su cui si focalizzeranno le attività di analisi successive.

Come successiva verifica, sono stati valutati direttamente tutti gli articoli semilavorati consumati negli ultimi tre anni, senza stratificarli per tavola e diametro. Anche in questo caso gli articoli più utilizzati sono quelli che avevamo identificato in precedenza e corrispondono al 70% circa dei consumi complessivi. La distribuzione di *Pareto* corrispondente è riportata in APPENDICE A.

Una percentuale inferiore rispetto a prima ma al contempo meno attendibile, poiché sono stati considerati anche molti formati particolari o desueti, realizzati poche volte e che hanno, quindi, un'incidenza minima sul totale dei consumi.

Inoltre, sono stati analizzati in maniera approfondita gli articoli appartenenti alla classe **B** valutando i tempi di approvvigionamento, i prezzi e le macchine compatibili. Molti di questi sono obsoleti perché relativi a linee *Perini* ormai fuori produzione, quindi richiesti al massimo per eventuali ricambi.

Articolo	Diametro	Tavola	Macchina
268240	500	2800	475
285581	500	2900	475A
299796	409	2800	452 (scolli cilindrici)
267945	320	2800	425A
367584	409	2900	452C
297167	502.2	2800	478B Camicia
303423	500	3500	486
318763	409	2800	452 (scolli conici) P.P
251415	360	2800	470C

Figura 3.7 - Articoli target da gestire a magazzino.

3.2 Strategia di fornitura

Dopo aver identificato gli articoli target, l'analisi prosegue con la valutazione del parco fornitori e la definizione di un'appropriata strategia d'approvvigionamento.

L'azienda si affida essenzialmente ad alcuni fornitori integrati con *Fabio Perini*, da cui rifornisce i rulli semilavorati e da altri fornitori locali cui, per particolari formati, commissiona anche alcune fasi produttive.

Ciascun rullo semilavorato come detto prima è costituito da due componenti, la canna barenata e i tamponi che poi sono assemblati attraverso un processo di deformazione plastica a caldo. In collaborazione con la funzione acquisti *Global Category Perini*, è stato possibile integrare la gestione dei semilavorati con le nuove strategie di fornitura lanciate a inizio 2016, che prevedono l'approvvigionamento delle parti che costituiscono il rullo da fonti diverse al fine di conseguire economie di prezzo.

Per alcuni formati particolarmente utilizzati, infatti, sono state definite delle strategie di fornitura che prevedono l'acquisto dei tamponi dalla Cina con un risparmio di circa il 30% sul costo di acquisto. Il trasporto avviene tramite container che richiedono la

movimentazione a pieno carico per ridurre l'incidenza unitaria dei costi del trasporto. Tale nota è importante perché influirà, come vedremo, sulla dimensione dei lotti ordinati. In base al formato dell'articolo da approvvigionare, possiamo definire due strategie di fornitura distinte:

- **Fornitura Combinata:** tale strategia è applicata agli articoli standard più venduti con diametro $\varnothing 500/409$ (268240, 285581, 299796, 367584, 303423). I componenti di ciascun semilavorato sono approvvigionati in maniera indipendente da fornitori diversi e infine assemblati da un terzo fornitore (fig. 3.8). L'elemento discriminante è appunto il tampone che, essendo comune a più formati, è aggregato in termini di fabbisogno in un'unica domanda complessiva. Questo genera un effetto compensativo che riduce la variabilità complessiva della domanda, riducendo la necessità di scorte cautelative, in quanto, gli articoli avranno un consumo più vicino alla media attesa.

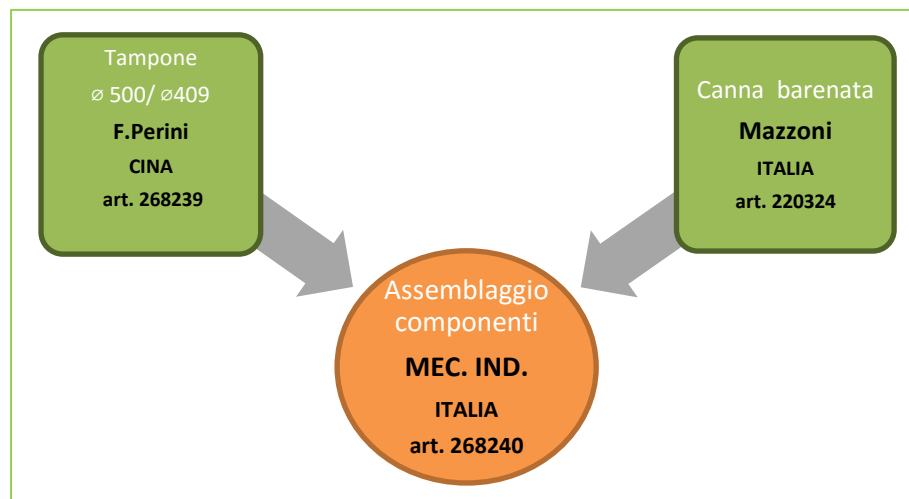


Figura 3.8 - Strategia di fornitura combinata.

Come si evince dalla figura a ciascun articolo target identificato, per cui è conseguibile una fornitura combinata, coincideranno altri due articoli. Uno riferito al tampone e un altro riferito alla canna barenata, che saranno gestiti in maniera indipendente.

- **Fornitura Completa:** tale strategia invece è applicata ai semilavorati target i cui consumi, tuttavia, non permettono di conseguire sconti o economie di prezzo

nelle forniture. Il semilavorato approvvigionato è già assemblato e pronto per essere inciso. In questo caso i tempi di fornitura sono piuttosto lunghi, mediamente sono necessarie 12 settimane di attesa.

Una volta identificati i fornitori e le strategie d'acquisto, diventa fondamentale stabilire *Lead Time* di approvvigionamento. Infatti, come vedremo, la lunghezza e la variabilità che caratterizza i tempi di fornitura riflette la dimensione del capitale investito in scorte [HAWARD, 1978].

Il *Lead Time* può a sua volta essere suddiviso in quattro sotto-periodi:

1. *Periodo di revisione*: rappresenta il periodo di tempo tra due revisioni successive dell'inventario, in un sistema di controllo a periodo fisso.
2. *Periodo d'ordine*: rappresenta l'attuale tempo richiesto per controllare lo stato dell'inventario e preparare un ordine verso il fornitore.
3. *Periodo di fornitura*: include il tempo di elaborazione dell'ordine più il tempo intercorso tra la ricezione dell'ordine dal cliente e l'arrivo della merce presso il cliente.
4. *Periodo di ricezione*: rappresenta il tempo necessario per l'entrata merce. Può includere attività ispettive per di controllo qualità, d'immagazzinamento, ecc.

Nel caso di fornitura combinata non sono presenti dati sufficienti per l'estrapolazione dei tempi di consegna, in quanto tale strategia è stata lanciata ad inizio 2016. Pertanto le tempistiche sono state fornite direttamente dai responsabili acquisto *Perini*.

Nel secondo caso, invece, sono stati estratti tramite SAP, tutti gli ordini emessi negli ultimi tre anni. I dati sono stati inseriti in un *tool* programmato su *EXCEL* e basato sui calendari lavorativi, che dalla differenza tra la data di *emissione* e di *evasione* ordine restituisce i tempi medi di fornitura e la relativa variabilità per ciascun fornitore (fig. 3.9). Questi dati e la loro precisione sono molto importanti per il progetto, perché influenzano direttamente i livelli di scorta da mantenere a magazzino.

Art. 267945 Fornitore: <i>Mec industries</i>		
Data emissione ordine	Data evasione ordine	Totale giorni lavorativi
01/04/2013	08/06/2013	68
28/05/2013	07/08/2013	71
22/07/2013	11/10/2013	81
06/09/2013	23/11/2013	78
14/09/2013	23/11/2013	70
29/10/2013	16/01/2014	79
...
20/05/2014	30/07/2014	71
10/05/2014	18/07/2014	69
03/09/2014	08/11/2014	66
20/09/2014	05/12/2014	76
15/09/2014	07/12/2014	83
26/11/2014	04/02/2015	70
...
06/02/2015	24/04/2015	77
27/03/2015	06/06/2015	71
27/03/2015	06/06/2015	71
18/04/2015	26/06/2015	69
08/05/2015	15/07/2015	68
28/05/2015	03/08/2015	67
26/06/2015	03/09/2015	69
04/08/2015	13/10/2015	70
...
Lead Time medio		72
σ		5

Figura 3.9 - Tool utilizzato per il calcolo dei Lead Time di fornitura.

CAPITOLO IV

ANALISI DELLA DOMANDA

4.1 L'Analisi temporale della domanda

La domanda degli articoli target è stata sottoposta a un'analisi temporale, al fine di comprenderne meglio la natura e ottenere informazioni utili per il successivo modello di controllo dei materiali. Lo studio delle serie storiche si può dividere in analisi e previsione. L'analisi è utile per comprendere meglio un fenomeno già avvenuto, ma più spesso è funzionale allo scopo previsionale. L'interesse invece per la previsione non ha bisogno di giustificazione, spesso rappresenta il dato principale da cui prendere le mosse per impostare una valida strategia operativa di qualsiasi genere. Entrambi gli approcci hanno un obiettivo comune, comprendere la struttura delle serie nel passato, al netto delle variazioni accidentali [FLANDOLI, 2013]. Tale struttura, che ovviamente non è un concetto matematicamente definito, è caratterizzata da alcune componenti principali:

1. *Trend*: (o componente tendenziale) rappresenta l'andamento di fondo del fenomeno considerato; solitamente è apprezzabile su un orizzonte di tempo piuttosto esteso;
2. *Stagionalità*: (o componente stagionale) rappresenta la periodicità con cui la domanda si manifesta nel tempo. È costituita da variazioni che si riscontrano con analoga intensità negli stessi periodi di anno in anno, ma con intensità diversa nel corso di uno stesso anno. Può essere dovuta agli usi e i costumi del mercato finale, all'andamento climatico o ad attività promozionali;
3. *Ciclicità*: (o componente congiunturale) rappresentano variazioni cicliche attorno al trend sul medio-lungo periodo e sono legate a circostanze congiunturali dell'ambiente in cui si manifesta il fenomeno analizzato;

-
4. *Residui*: (o componente residuale) identifica invece gli elementi di natura erratica che influenzano il fenomeno analizzato, in maniera casuale;

Per l'analisi delle serie storiche si è fatto affidamento ai due strumenti più comuni e intuitivi, la *funzione di autocorrelazione* e la *media mobile*, entrambi applicati a fini analitici e non previsionali. La *funzione di autocorrelazione* cattura le somiglianze interne alla serie storica, valuta se la serie traslata opportunamente di un periodo K somiglia a se stessa e se tali somiglianze corrispondono ad aspetti strutturali.

Data una generica serie storica x_1, \dots, x_n , e preso un intero non negativo k minore di n , che chiameremo ritardo, la funzione di autocorrelazione sarà così definita:

$$\hat{p}(k) = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x}_0)(x_{i+k} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x}_0)^2 \sum_{i=1}^{n-k} (x_{i+k} - \bar{x}_k)^2}}$$

Ripetendo tale procedimento per $k = 0, 1, \dots, k_0$, con k_0 minore di n , troviamo una nuova serie storica $\hat{p}(k)$ detta funzione di autocorrelazione (fig. 4.1), che riporta in ordinata proprio l'andamento della correlazione al variare del ritardo K e una soglia di significatività, rappresentata dalla retta tratteggiata in azzurro. Se una serie presenta un'accentuata periodicità ma non un accentuato trend, allora $\hat{p}(k)$ assumerà un valore elevato in corrispondenza del periodo. Se invece c'è un trend accentuato, $\hat{p}(k)$ sarà abbastanza elevato in corrispondenza di qualsiasi valore di K , come nell'esempio in Figura 4.1. Se oltre al trend accentuato c'è anche una periodicità, il valore di $\hat{p}(k_{per})$ relativo al periodo $\hat{p}(k_{per})$ si staglierà un pochino al di sopra di tutti gli altri $\hat{p}(k)$, ma ne risulterà mascherato dall'andamento del trend e sarà necessario quindi approfondire l'analisi.

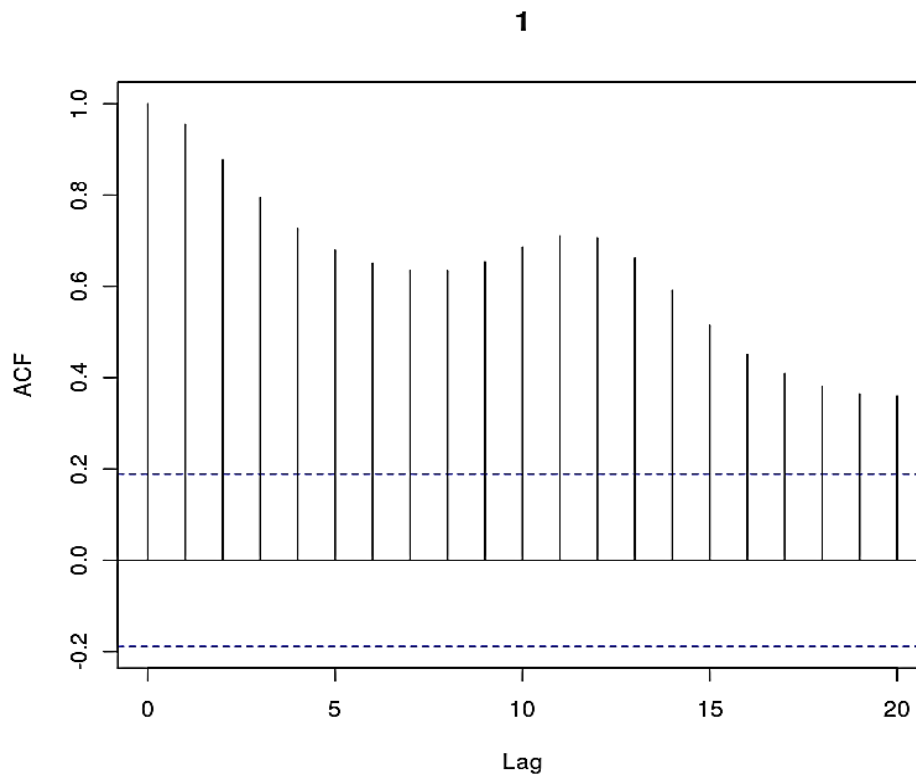


Figura 4.1 - Funzione di autocorrelazione per una serie generica con Trend.

Con il concetto di *media mobile locale* di una serie, intendiamo invece un'operazione del tipo:

$$t_i = \frac{x_{i-k_i} + \dots + x_{i+k_i}}{2k_i + 1}$$

L'operazione rappresenta proprio una media simmetrica attorno al valore i e permette di trovare in corrispondenza di un valore $i = 1, \dots, n$ (la parte nota della serie) un valore medio della stessa che, al variare di i , ne rappresenti il trend e quindi l'andamento di fondo.

L'impatto delle componenti strutturali sulla serie storica è analizzato generalmente tramite due modelli analitici di decomposizione:

Modello additivo: in cui le componenti si sommano per dar luogo alla serie.

$$x_i = t_i + s_i + e_i$$

La serie t_i, \dots, t_n è il trend, s_1, \dots, s_n è la stagionalità e la serie e_1, \dots, e_n rappresenta invece la componente residuale. Tale modello presuppone che le componenti siano tutte espresse nell'unità di misura in cui è espressa la serie e che le oscillazioni dovute a componenti non sistematiche (quindi errori e/o cambiamenti stagionali) non dipendano dall'ordine di grandezza della serie.

Modello moltiplicativo: in cui le componenti si moltiplicano per dar luogo alla serie.

$$x_i = t_i(s_i + e_i)$$

Tale approccio è più utilizzato in ambito economico. In questo caso le fluttuazioni, rappresentate da $s_i + e_i$ (più precisamente dal loro effetto su x_i) aumentano quando aumenta il trend. Gli effetti stagionali e casuali hanno ampiezza maggiore se si applicano a volumi maggiori di attività economica.

4.1.1 Analisi temporali degli articoli target

Per analizzare la domanda degli articoli target e identificare le componenti strutturali che caratterizzano le rispettive domande, sono stati estratti dal gestionale SAP i consumi registrati negli ultimi sei anni (2010-2015) con frequenza mensile. I dati ottenuti inoltre sono stati divisi sulla base dei giorni lavorativi del mese corrispondente e moltiplicati per il numero medio di giorni lavorativi, così da ridurre le variazioni dovute a differenze da calendario. Infine, dopo aver eliminato eventuali *outliers*, i dati sono stati aggregati per formare una serie storica complessiva dei consumi e una serie

storica specifica per ciascun articolo target, identificato in precedenza. Lo scopo è di valutare inizialmente il mercato complessivo per poi scendere nel dettaglio di ogni singolo materiale. Le analisi sono state svolte sul software statistico *R*, che oltre agli strumenti introdotti precedentemente, offre un ambiente di sviluppo specifico per l'analisi statistica dei dati.

In figura 4.2 è riportata la serie storica relativa ai consumi totali:

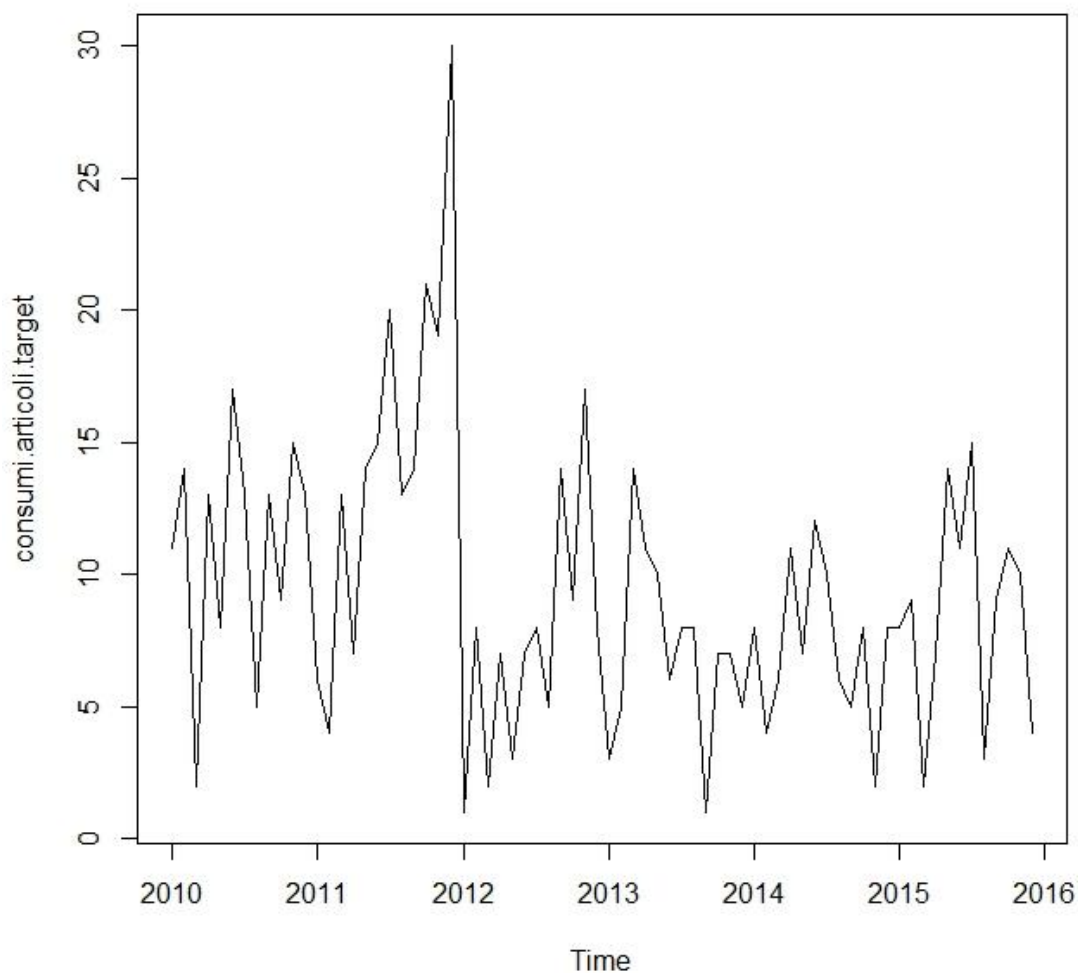


Figura 4.2 - Serie storica dei consumi complessivi relativi agli articoli target.

Tramite la funzione *decompose* di *R*, è stato possibile isolare le componenti che costituiscono la serie per poi valutarle singolarmente. Il risultato, riportato in figura

4.3, evidenzia un trend crescente fino al 2012, un repentino picco dovuto probabilmente alla crisi economica che ha colpito il settore e infine una lenta risalita che conferma la ripresa del mercato negli ultimi anni. Non deve trarre in inganno la periodicità che, sebbene marcata, presenta una scala relativamente bassa. La serie non è affetta da stagionalità, come conferma il relativo correlogramma (fig. 4.4), ma da una forte componente erratica.

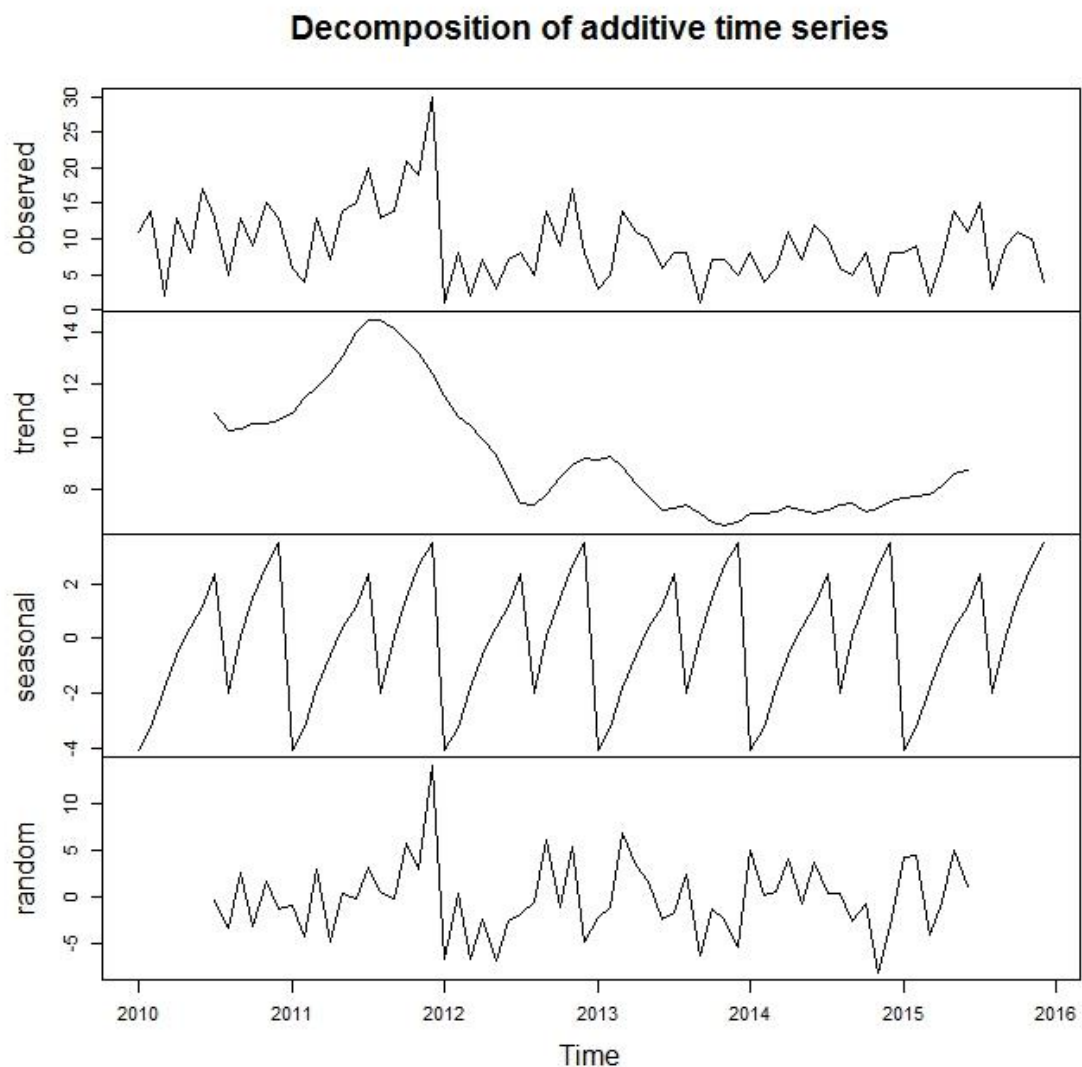


Figura 4.3 - Decomposizione strutturale della serie storica relativa ai consumi complessivi.

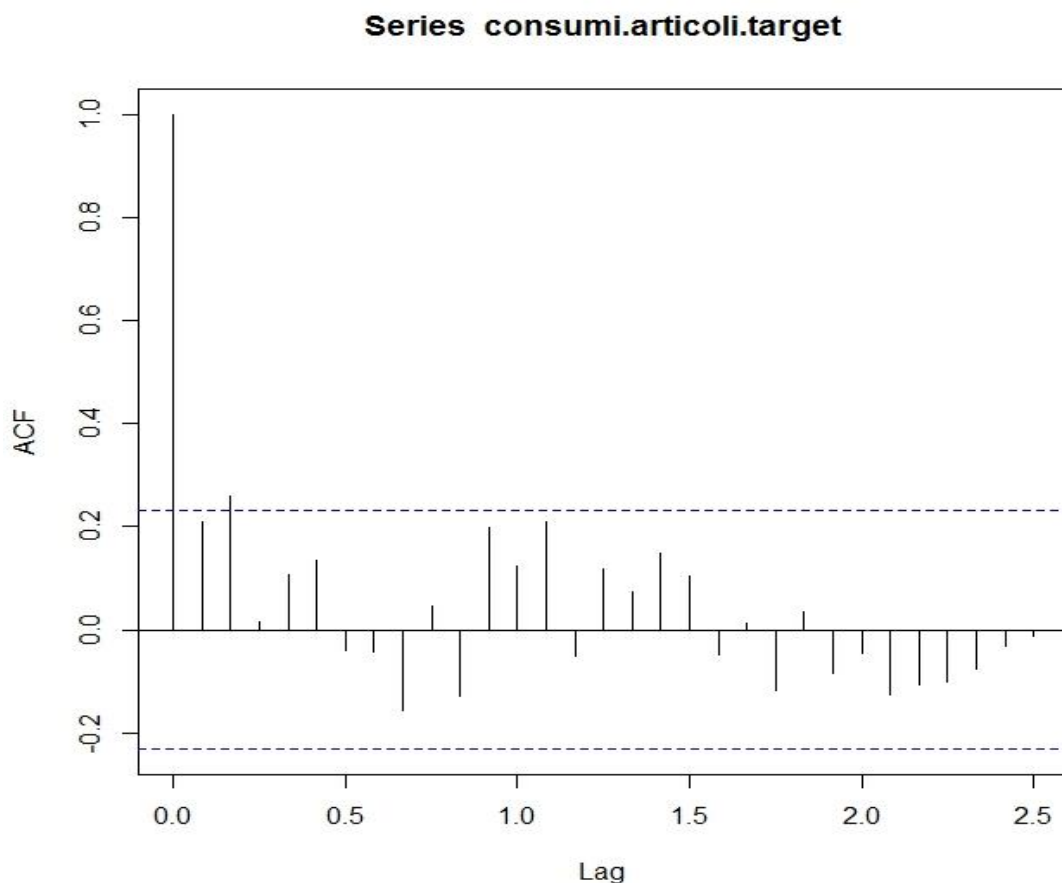


Figura 4.4 - Funzione di correlazione della serie storica relativa ai consumi complessivi.

Dopo aver analizzato i consumi complessivi, i dati sono stati rielaborati per ottenere delle serie storiche specifiche per ogni articolo, sullo stesso orizzonte temporale. Per ciascuno sono stati analizzati gli elementi di stagionalità, trend, ciclicità ed erraticità al fine di ottenere delle linee guida per l'applicazione successiva dell'opportuno modello di gestione. La maggior parte degli articoli è caratterizzata da una forte componente casuale della domanda, mentre gli elementi di ciclicità e stagionalità sono quasi sempre trascurabili. Nello specifico sono riportate le analisi fatte su articolo generico target e il *Tampone ø500*, comune a più formati.

La figura 4.5 riporta le componenti strutturali che costituiscono la serie storica dell'articolo Tampone \varnothing 500 che, acquistato in *fornitura combinata* dalla Cina, presenta il *Lead Time* maggiore. In questo caso quindi, bisogna prestare molta attenzione alla componente erratica perché, ovviamente, andrà ad incidere su un tempo di fornitura maggiore e le relative scorte saranno direttamente proporzionali alla sua entità. Fortunatamente, essendo comune a più formati, per effetto compensativo presenta anche un andamento più regolare e costante rispetto agli altri articoli analizzati. Dall'analisi del relativo correlogramma (fig. 4.6) emerge una lieve periodicità che supera, nella prima parte della serie, la soglia critica (*retta tratteggiata in blu*). Per comprenderne meglio la natura e la ripetitività, sono state ritagliate delle finestre temporali e riportate su una stessa linea di tempo così da isolare l'effetto e analizzarlo a livello annuale (fig. 4.7).

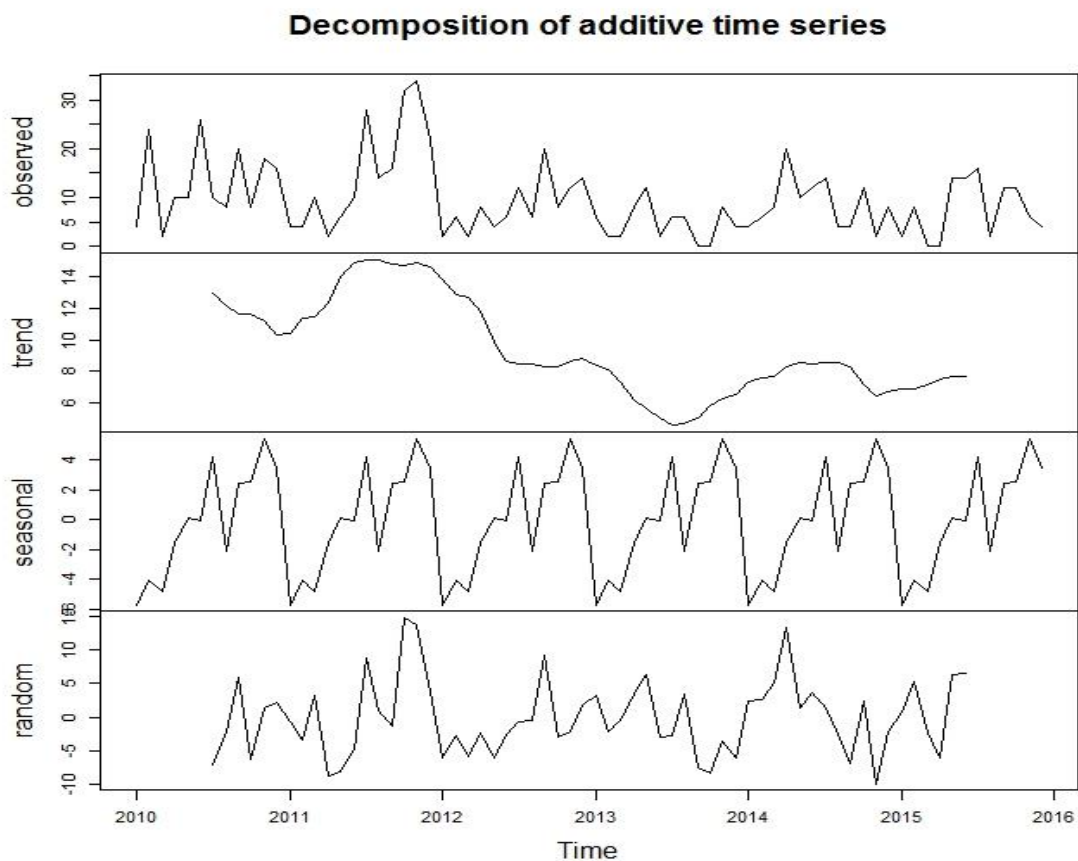


Figura 4.5 - Decomposizione strutturale della serie storica relativa al Tampone \varnothing 500.

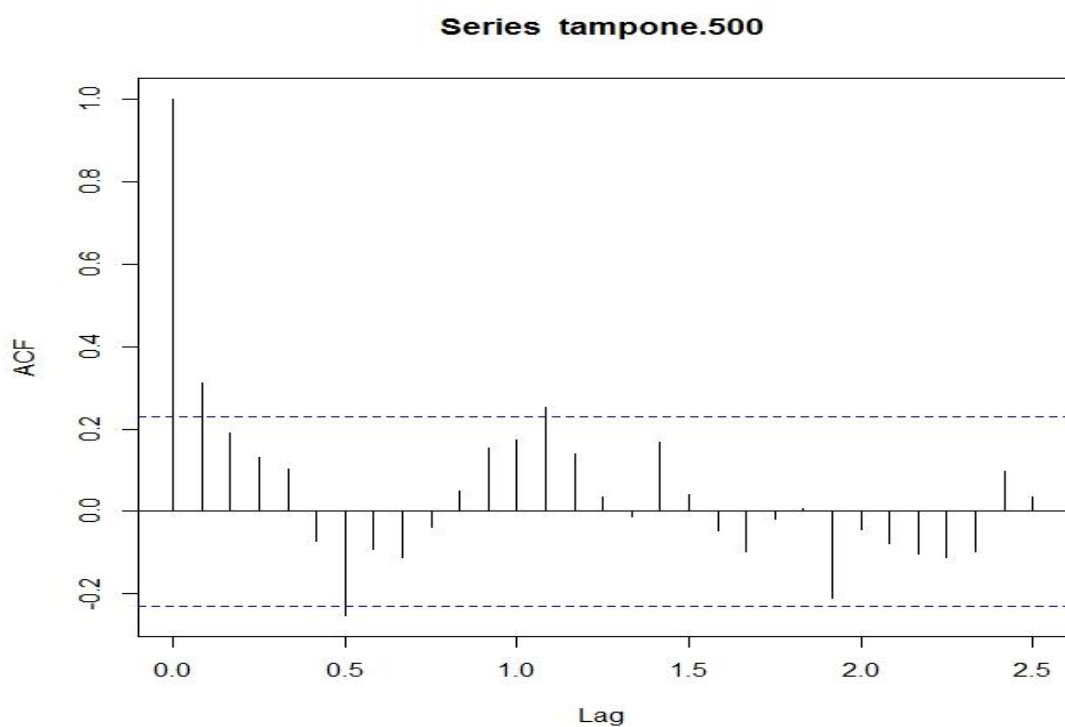


Figura 4.6 - Funzione di correlazione della serie storica relativa al Tampone ø 500.

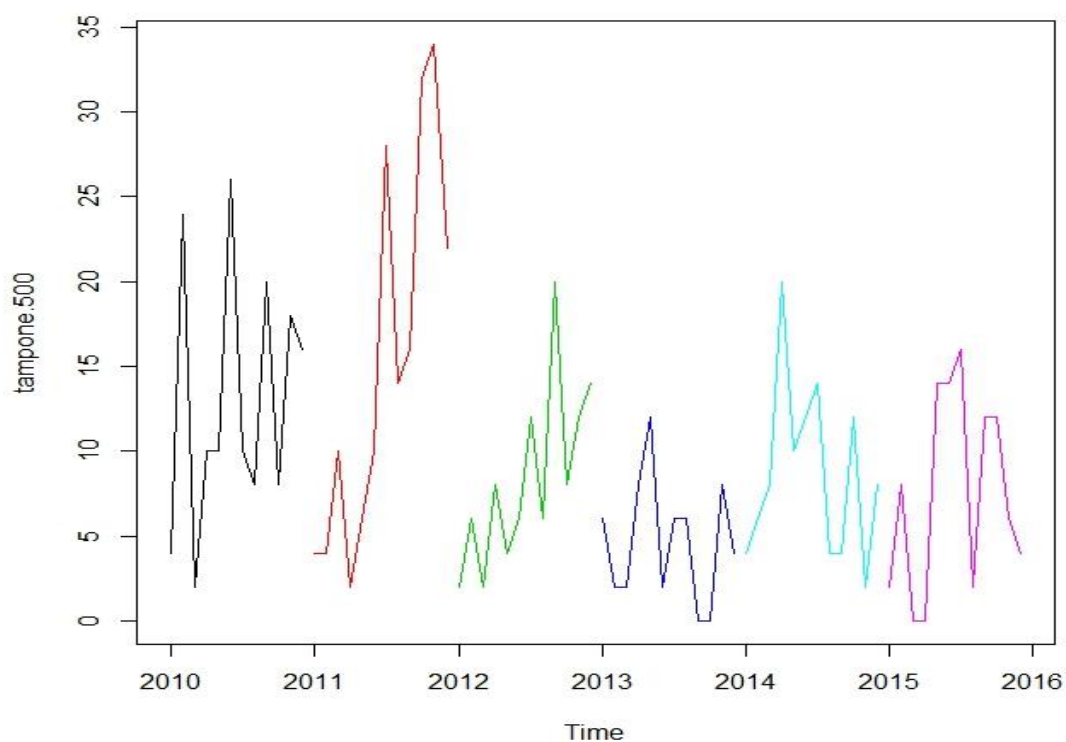


Figura 4.7 - Finestre temporali della serie storica relativa al Tampone ø 500.

Dall'analisi risulta che fino al 2013, la serie era caratterizzata da un picco positivo nel periodo di Gennaio-Febbraio e uno negativo nel periodo di Maggio-Giugno, dal 2013 in poi la corrispondenza del picco positivo invece non avviene più nello stesso mese. Forse è proprio questo a disturbare la periodicità della serie che risulta anche in questo caso trascurabile.

In figura 4.8 sono riportate invece le componenti strutturali che caratterizzano la serie dell'articolo 268240, uno dei formati target identificati in precedenza. Anche in questo caso è presente un leggero trend crescente, una forte componente erratica e un elemento che caratterizza la maggior parte delle serie analizzate, una forte incidenza di consumi nulli.

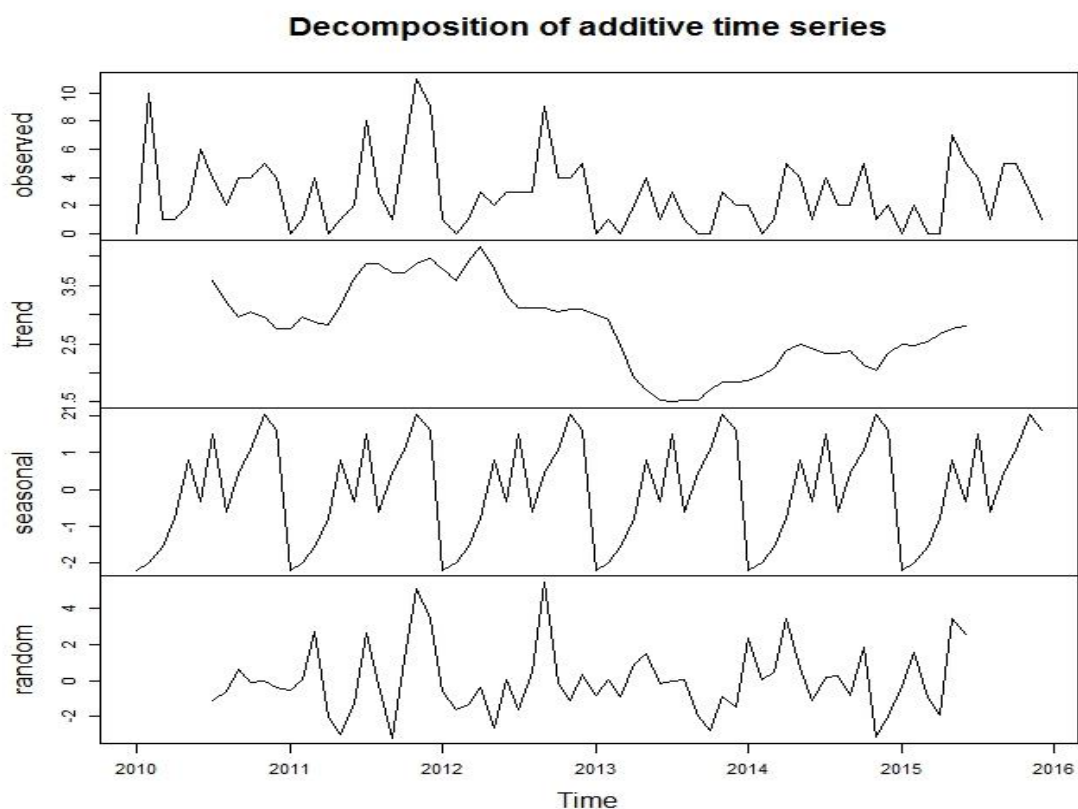


Figura 4.8 - Decomposizione strutturale della serie storica relativa al 268240.

La componente stagionale risulta trascurabile anche in questo caso, come confermato dal relativo correlogramma che non supera mai la soglia di criticità (fig. 4.9).

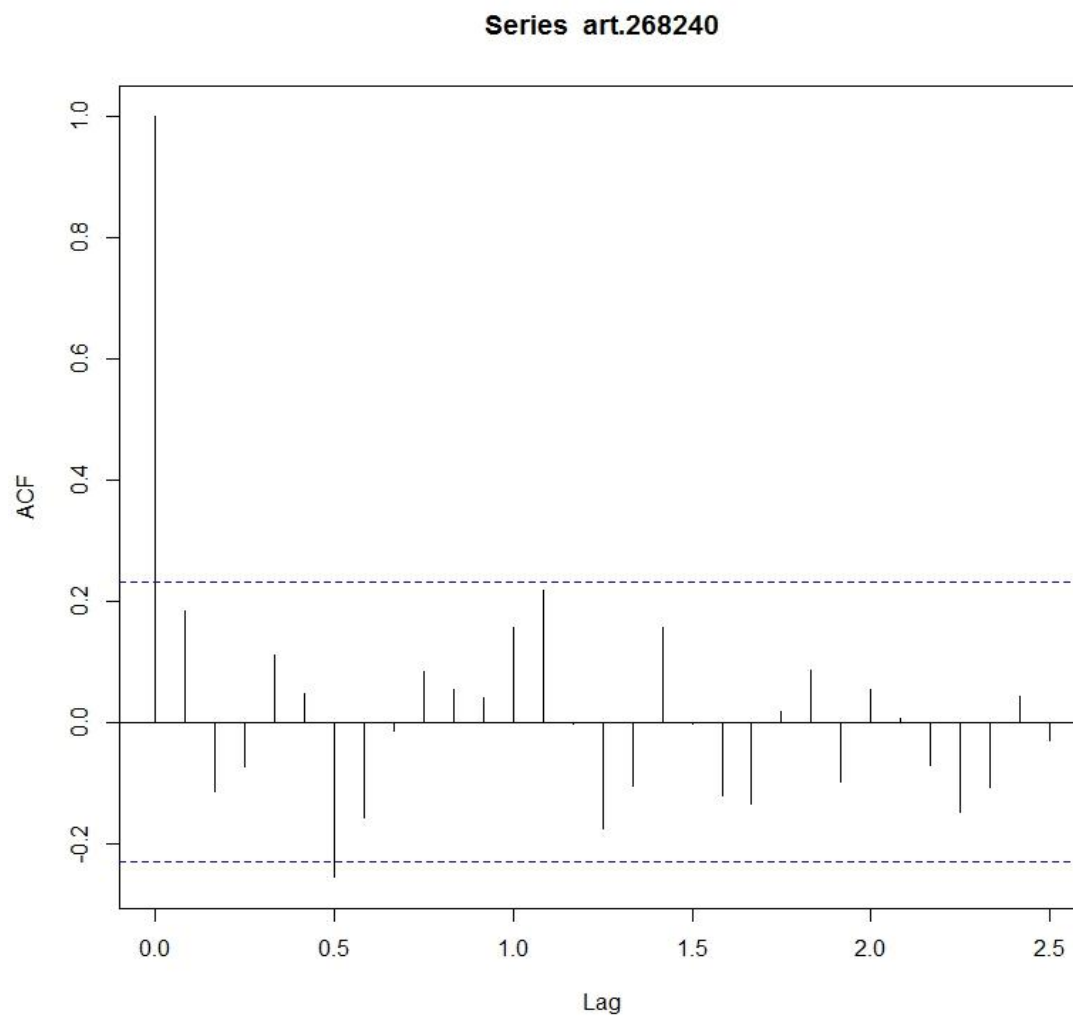


Figura 4.9 - Funzione di correlazione della serie storica relativa all'articolo 268240.

4.2 L'Analisi statistica della domanda

Dopo aver analizzato la natura strutturale della domanda, l'attenzione si sposta sul profilo statistico dei consumi. I dati di consumo sono stati considerati come n osservazioni diverse raccolte nel tempo al fine di trovare, se esiste, la distribuzione di probabilità che meglio approssima la distribuzione analizzata.

L'obiettivo alla fine della valutazione statistica è quello di approssimare la variabilità dei consumi a un'opportuna variabile aleatoria e verificarne la conformità tramite test statistici. Questo permetterà di stimare la probabilità che la domanda effettiva assuma valori maggiori di quelli previsti e quindi di dimensionare i livelli di scorta in relazione al livello di servizio che si vuole garantire al cliente.

Lo studio, svolto sul software *R*, è articolato in tre step successivi:

1. Un primo approccio esplorativo che, tramite un'analisi grafica della distribuzione e unitamente a considerazioni strategiche, fornisce un'ipotesi iniziale sul modello che meglio si adatta ai dati in esame.
2. Analisi dei *quantili* ed esecuzione di opportuni test statistici, per validare le ipotesi fatte.
3. Stima dei parametri che caratterizzano il modello in base alle osservazioni campionarie osservate. Tali valori saranno fondamentali per il successivo modello di gestione dei materiali.

4.2.1 Analisi statistica articoli target

Dall'analisi temporale precedente, era emersa un'inversione dei consumi dovuta alla crisi che ha colpito il settore nel 2012. Per tale ragione si è ritenuto più appropriato concentrare le analisi statistiche sui consumi registrati negli ultimi tre anni, scartando quella parte di passato ritenuta ormai poco significativa.

Analizzando i consumi mensili è emersa per tutti gli articoli, oltre ad una marcata irregolarità, un'elevata densità di consumi nulli. Solo i tamponi, che sono oggetto di fornitura combinata e quindi sono impiegati in più formati differenti, presentano un andamento più regolare e costante. Tali considerazioni, unitamente a una prima analisi grafica delle distribuzioni (fig. 4.10), ci hanno spinto a formulare due ipotesi sulle variabili statistiche che meglio approssimano l'andamento delle domande. Una distribuzione di *Poisson*, che si adatta bene alle caratteristiche aleatorie e sporadiche dei consumi, per i rulli semilavorati approvvigionati in fornitura completa e le canne barenate approvvigionate in fornitura combinata, una distribuzione *Gaussiana* invece, per i tamponi approvvigionati in fornitura combinata dalla Cina.

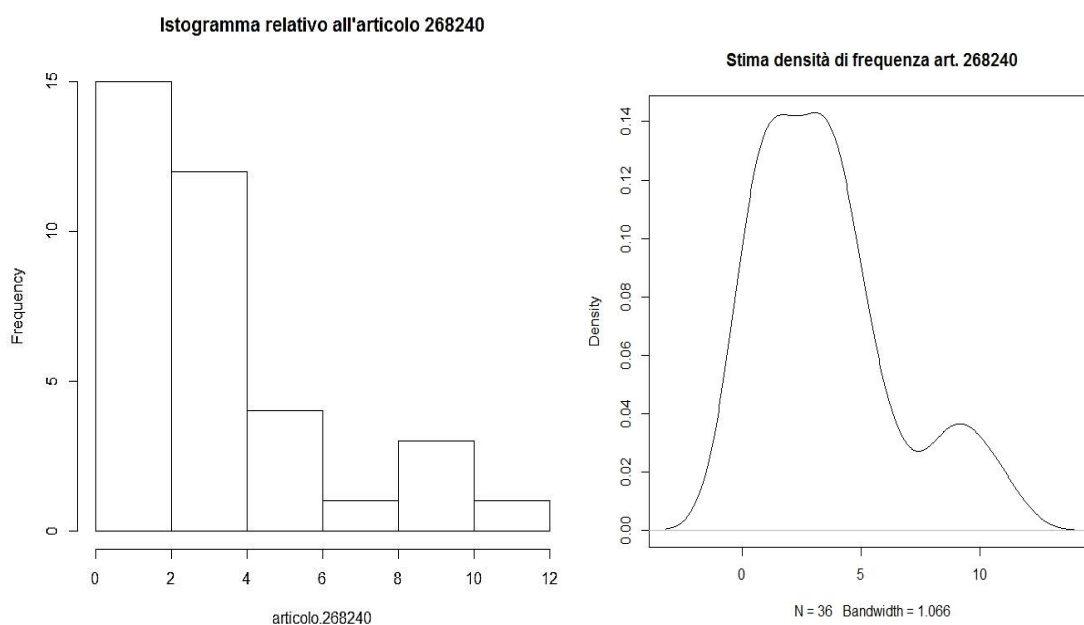


Figura 4.10 - Distribuzione della frequenza dei consumi per l'articolo 268240

Una conferma iniziale delle ipotesi di partenza è ottenuta dall'esame dei quantili svolto attraverso lo strumento grafico "QQ-plot" disponibile sul software *R*. Tale strumento di elaborazione traccia il grafico avente in ordinata i quantili dei dati osservati (ossia la frazione di osservazioni inferiori ad un dato valore) e in ascissa quelli corrispondenti ottenuti con il modello teorico di riferimento. In figura 4.11 è riportato il caso dell'articolo 268240:

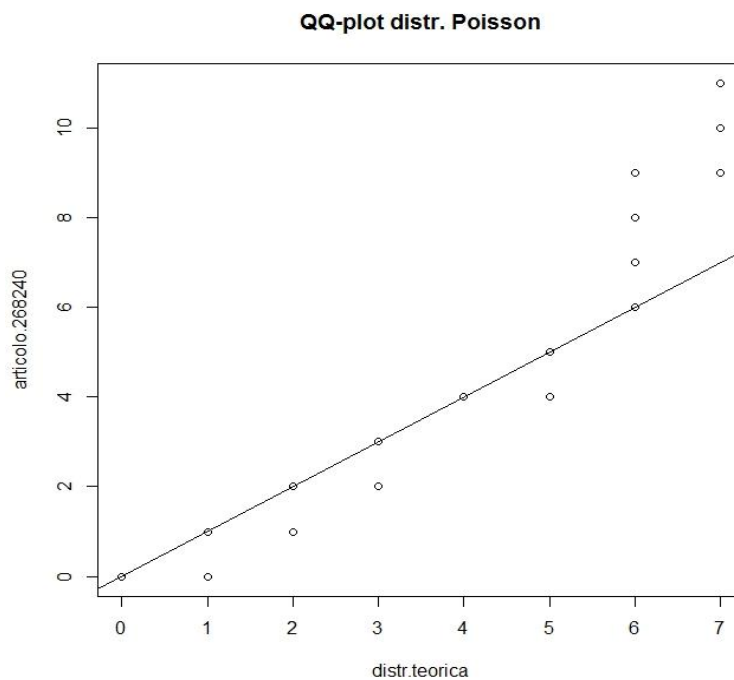


Figura 4.11 - Analisi dei quantili dell'articolo 268240.

Dal grafico è evidente come la maggior parte dei punti si disponga lungo la diagonale, segno che i dati si adattano bene al modello *Poissoniano* ipotizzato; tuttavia la numerosità contenuta del campione oggetto di studio ci ha indotto ad effettuare ulteriori test per validare l'ipotesi di partenza.

Una volta ipotizzata la funzione, che meglio si adatta al fenomeno da rappresentare, è necessario stimare i parametri che caratterizzano tale modello sulla base dei dati disponibili. Per farlo è stato utilizzato il metodo del *maximum likelihood* o modello della massima verosimiglianza, approccio utilizzato spesso per la stima puntuale dei parametri. Data la funzione di densità della frequenza $f(x, \vartheta)$ che descrive il carattere quantitativo a livello di popolazione, di cui si suppone nota nell'espressione analitica, occorre stimare il vettore dei parametri ϑ in base alle osservazioni campionarie osservate. Definiamo la funzione di verosimiglianza la seguente espressione:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i, \theta)$$

Che va vista come funzione del vettore dei parametri ϑ . Il metodo di massima verosimiglianza consiste nello stimare ϑ in modo che sia massimizzata, appunto, $L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta)$, oppure, per semplificare i calcoli, il suo logaritmo.

La stima dei parametri è stata svolta in *R* tramite il package di analisi *MASS* che permette di ottenere delle stime di massima verosimiglianza dei parametri caratterizzanti le distribuzioni, senza che sia necessario conoscere l'espressione della funzione. È sufficiente specificare il vettore dei dati, il tipo di funzione ipotizzata ed eventualmente i valori iniziali per la procedura iterativa [RICCI, 2004]. I parametri caratteristici e i valori di consumo così ottenuti saranno poi utilizzati nel successivo modello di gestione dei materiali, una volta che sarà stata validata l'ipotesi iniziale.

Infine per verificare la “*goodness of fit*” dei dati osservati rispetto a un modello teorico, sono state svolte per ciascun articolo:

- Analisi grafica delle distribuzioni;
- Test *chi-quadrato*;

La prima riporta su un grafico l’andamento reale della distribuzione e l’andamento teorico che la variabile assumerebbe se fosse vera l’ipotesi di partenza, evidenziando lo scostamento tra i valori cumulati delle frequenze.

Il test χ^2 (*chi-quadrato*) invece, si basa proprio sul confronto delle frequenze empiriche con quelle attese calcolate in base alla funzione di densità della frequenza impiegata. Può essere utilizzato sia nel caso di caratteri discreti che continui, ed anche nel caso di parametri del modello stimati con i dati rilevati.

La statistica di riferimento del test si ottiene sommando, per ogni evento generico E_i il quadrato degli scarti tra le frequenze osservate $\mathcal{F}o_k$ e quelle attese $\mathcal{F}a_k$, pesato sulle stesse:

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^n \frac{(\mathcal{F}o_k - \mathcal{F}a_k)^2}{\mathcal{F}a_k}$$

<i>Frequenze Osservate</i>	$\mathcal{F}o_1$	$\mathcal{F}o_2$...	$\mathcal{F}o_n$
<i>Frequenze Attese</i>	$\mathcal{F}a_1$	$\mathcal{F}a_2$...	$\mathcal{F}a_n$

Tale statistica si distribuisce asintoticamente secondo una variabile casuale χ^2 , con $n - p - 1$ gradi di libertà (p è il numero di parametri del modello stimati con i dati). Si accetta l’ipotesi di conformità dei dati al modello teorico se il valore della statistica risulta inferiore al valore soglia, ovvero, se il *p-value* ottenuto dal test è superiore al livello di significatività prefissato. Prima di eseguire il test, viene fissato un livello di significatività α e quindi confrontata la statistica del test con la variabile critica di riferimento $\chi^2_{n-1,\alpha}$ i cui valori sono riportati in tabella B.1 in APPENDICE B.

Le condizioni di validità del test χ^2 sono le seguenti:

- Campione sufficientemente grande perché la distribuzione della statistica sia asintoticamente χ^2 ;
- Il numero di frequenze attese entro ogni classe non deve essere minore di 5 elementi;
- Occorre applicare la correzione di continuità di *Yates* per campioni di dimensione inferiore a 200 elementi;

Per una maggiore comprensione è riportata l'analisi svolta sulle funzioni di domanda di un articolo già assemblato e di un componente tampone. Nel primo caso si è ipotizzata l'approssimazione ad una variabile di Poisson, nel secondo invece, ad una variabile Gaussiana.

Analisi Grafica

L'analisi si concentra sulla distribuzione di probabilità dell'articolo in esame e la confronta con quella teorica, procedendo nel seguente modo:

- 1- I valori della funzione di domanda osservata sono ordinati in ordine decrescente:

$$Q_1 > Q_2 > \dots > Q_n$$

- 2- Si costruisce la funzione di distribuzione osservata, tramite la relazione:

$$\mathcal{F}_{\mathcal{R}_k} = \frac{k}{n}$$

- 3- Dalle tavole della distribuzione di *Poisson* sono ottenuti i valori della frequenza teorica dello stesso parametro λ stimato dai dati reali. La tabella C.1, in APPENDICE C, riporta i valori di frequenza attesi al variare di Q.

- 4- Confronto le distribuzioni cumulate nel caso reale e teorico calcolandone lo scostamento in forma assoluta.

I dati ottenuti sono stati inseriti in opportune tabelle di calcolo realizzate su *EXCEL*, per la successiva elaborazione grafica (tab. 4.1).

Tabella 4.1 - Frequenza dei consumi relativi all'articolo 268240.

art. 268240	Q. mensili vendite	n	Frequenza reale	Distribuzione reale cumulata	Frequenza teorica ($\lambda=3$)	Distribuzione teorica cumulata	$ \mathcal{F}_{\mathcal{R}_k} - \mathcal{F}_{\mathcal{T}_k} $
	Q_k		$\mathcal{F}_{\mathcal{R}_k}$		$\mathcal{F}_{\mathcal{T}_k}$		
	13	0	0	0,000	0,0001	0,0001	0,000
	12	0	0,000	0,000	0,0002	0,0003	0,000
	11	1	0,028	0,028	0,0002	0,0005	0,027
	10	1	0,028	0,056	0,0008	0,0013	0,054
	9	2	0,056	0,111	0,0027	0,0040	0,107
	8	1	0,028	0,139	0,0081	0,0121	0,127
	7	0	0,000	0,139	0,0216	0,0337	0,105
	6	2	0,056	0,194	0,0504	0,0841	0,110
	5	2	0,056	0,250	0,1008	0,1849	0,065
	4	7	0,194	0,444	0,168	0,3529	0,092
	3	5	0,139	0,583	0,224	0,5769	0,006
	2	4	0,111	0,694	0,224	0,8009	0,106
	1	7	0,194	0,889	0,1494	0,9503	0,061
	0	4	0,111	1,000	0,0498	1,0000	0,000
Tot.	127	36					
	$\lambda=3$						

Dal confronto tra le frequenze, osservata e attesa, si ottiene il grafico riportato in figura 4.12:

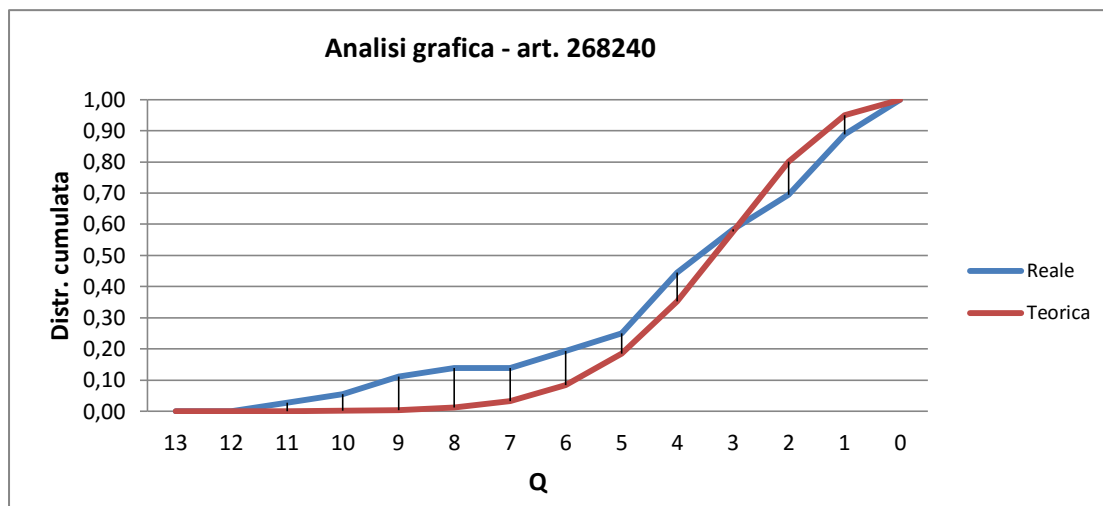


Figura 4.12 - Distribuzioni di frequenza (reale e osservata) relative all'articolo 268240.

Il grafico mostra una certa diversità tra i due andamenti, in alcuni casi marcata mentre in altri più contenuta. A primo impatto sembra plausibile l'approssimazione fatta. Per ulteriore verifica è stato svolto il test statistico: χ^2 .

La variabile di *Poisson* è una variabile aleatoria discreta che assume solo valori interi non negativi; la funzione di massa di probabilità è data da:

$$p(x = i) = \frac{\lambda^i e^{-\lambda}}{i!}, \quad i = 0, 1, 2, \dots$$

λ rappresenta il parametro caratteristico da cui dipende la distribuzione che, non essendo noto a priori, viene stimato con il corrispondente stimatore di massima verosimiglianza:

$$\lambda = \frac{\sum_1^n Q_i}{n} = Q = \frac{127}{36} \cong 3$$

Le ipotesi da verificare in questo caso sono:

$$\begin{cases} H_0 : Q \text{ Poisson } (\lambda = 3) \\ H_1 : Q \text{ non Poisson } (\lambda = 3) \end{cases}$$

Le probabilità attese, nell'ipotesi che la funzione di domanda sia una variabile casuale di Poisson di parametro $\lambda=3$, sono (distribuzione di Poisson tabella C.1: APPENDICE C):

Q_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	≥ 10
$p(Q_i)$	0.05	0.149	0.224	0.224	0.168	0.101	0.05	0.022	0.007	0.003	0.001

E le numerosità attese:

Q_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	≥ 10
$n * p(Q_i)$	1.8	5.36	8.06	8.06	6.04	3.64	1.8	0.79	0.25	0.11	0.04

Le frequenze inferiori a 5 sono accorpate in modo da garantire l'affidabilità del test. Le distribuzioni da confrontare, reale e teorica, risultano:

Q_i	0-1	2	3	4	≥ 5
$n(Q_i)$	11	4	5	7	9
$n * p(Q_i)$	7.16	8.06	8.06	6.04	6.63

Dato che il campione analizzato ha una numerosità inferiore a 200 elementi è stata applicata anche la correzione di *Yates* per il calcolo della variabile statistica, che risulta essere:

$$Q = \sum_{k=1}^n \frac{(|\mathcal{F}o_k - \mathcal{F}t_k| - 0.5)^2}{\mathcal{F}t_k} = \frac{(3.3)^2}{7.16} + \frac{(3.56)^2}{8.06} + \frac{(2.56)^2}{8.06} + \frac{(0.46)^2}{6.04} + \frac{(1.87)^2}{6.63} = 4.47$$

Mettendo a confronto questo valore con il quantile $\chi^2_{n-1-1,0,05} = 7.81$, si conclude che l'ipotesi nulla di conformità della distribuzione osservata ad una variabile casuale di *Poisson* può essere accettata.

Le stesse analisi sono svolte adesso sulla funzione domanda del tampone $\varphi 500$. Tale articolo è impiegato in tre dei formati target e pertanto presenta dei consumi più elevati, ma soprattutto più regolari, che permettono di approssimarne l'andamento a una variabile Gaussiana. I dati utilizzati per l'analisi e il confronto delle distribuzioni sono riportati in tabella 4.2.

Tabella 4.2 - Frequenza dei consumi relativi all'articolo tampone $\varphi 500$.

	Q. mensili vendite	n	Frequenza reale	Distribuzione reale cumulata	$Z_k = \frac{(Q_k - \lambda)}{\sigma}$	Frequenza Gauss ($\lambda=11, \sigma=7,7$)	Distribuzione teorica cumulata	$ \mathcal{F}_{\mathcal{R}_k} - \mathcal{F}_{\mathcal{T}_k} $
	Q_k		$\mathcal{F}_{\mathcal{R}_k}$		Z_k	$\mathcal{F}_{\mathcal{T}_k}$		
Tampone $\varphi 500$	0	0	0,000	0,000	-1,333	0,018	0,0766	0,077
	1	0	0,000	0,000	-1,222	0,021	0,0970	0,097
	2	4	0,111	0,111	-1,111	0,024	0,1212	0,010
	3	0	0,000	0,111	-1,000	0,027	0,1494	0,038
	4	4	0,111	0,222	-0,889	0,030	0,1817	0,041
	5	0	0,000	0,222	-0,778	0,033	0,2179	0,004
	6	4	0,111	0,333	-0,667	0,035	0,2581	0,075
	7	0	0,000	0,333	-0,556	0,038	0,3017	0,032
	8	4	0,111	0,444	-0,444	0,040	0,3484	0,096
	9	0	0,000	0,444	-0,333	0,042	0,3975	0,047
	10	5	0,139	0,583	-0,222	0,043	0,4483	0,135
	11	0	0,000	0,583	-0,111	0,044	0,5000	0,083
	12	2	0,056	0,639	0,000	0,044	0,5517	0,087
	13	0	0,000	0,639	0,111	0,044	0,6025	0,036
	14	2	0,056	0,694	0,222	0,043	0,6516	0,043
	15	0	0,000	0,694	0,333	0,042	0,6983	0,004
	16	2	0,056	0,750	0,444	0,040	0,7419	0,008
	17	0	0,000	0,750	0,556	0,038	0,7821	0,032
	18	1	0,028	0,778	0,667	0,035	0,8183	0,041
	19	0	0,000	0,778	0,778	0,033	0,8506	0,073
	20	2	0,056	0,833	0,889	0,030	0,8788	0,045
	21	0	0,000	0,833	1,000	0,027	0,9030	0,070

	36	0	0,000	1,000	2,667	0,001	0,9994	0,001
Tot.	438	36						
	λ	12						
	σ	8,7						

Confrontando la frequenza osservata dal campione e la frequenza teorica di una variabile *Normale* di media $\lambda = 12$ e $\sigma = 8,7$ si ottiene il grafico seguente (fig. 4.13):

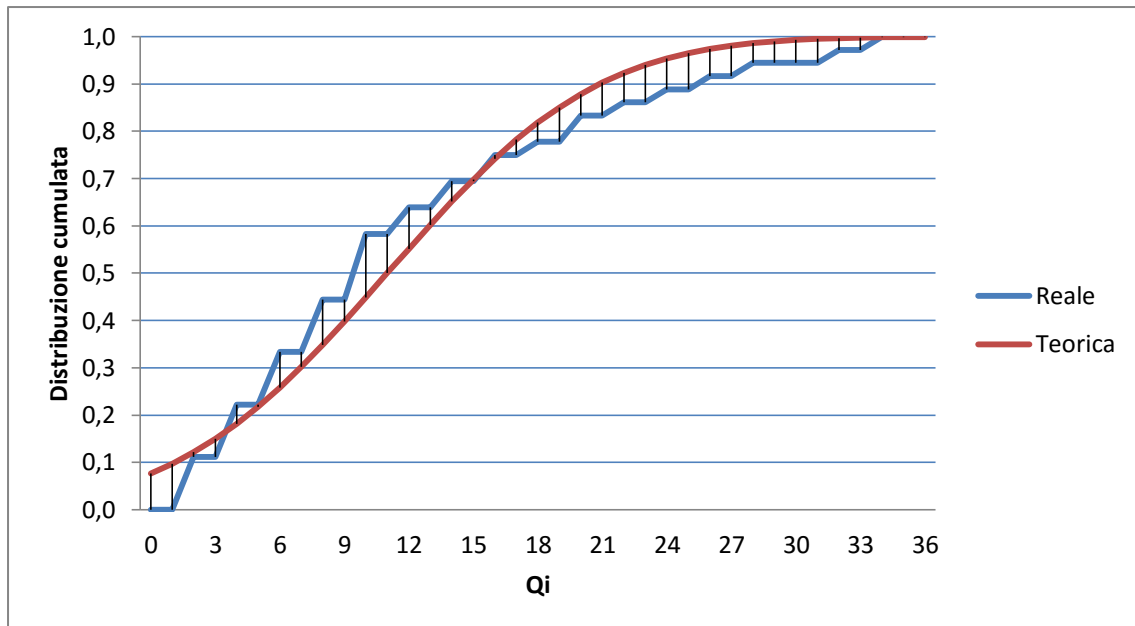


Figura 4.13 – Distribuzione di frequenza (reale e osservata) relativa all'articolo 268239.

Anche per quest'articolo gli scostamenti tra le due distribuzioni sembrano trascurabili, pertanto a primo impatto sembra plausibile l'approssimazione ad una variabile Gaussiana. La distribuzione Normale, o di Gauss, di parametri μ e σ^2 ha funzione di densità data da:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Con:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} ; \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Per quanto riguarda il test *chi-quadrato*, le ipotesi da verificare questa volta sono:

$$\begin{cases} H_0 : Q \text{ Normale } (12, 8.7) \\ H_1 : Q \text{ non Normale } (12, 8.7) \end{cases}$$

I consumi mensili dei tamponi sono stati suddivisi in intervalli di frequenza (tab. 4.3) per rendere più semplice il calcolo delle probabilità teoriche.

Q _i	Frequenza reale	Frequenza teorica
$Q < 10$	16	0.41
$10 \leq Q < 18$	11	0.35
$18 \leq Q < 24$	4	0.16
$Q \geq 24$	5	0.08

Tabella 4.3 - Intervalli di frequenza con relativa probabilità teorica.

La frequenza attesa per ogni intervallo è determinata mediante standardizzazione e poi moltiplicata per la dimensione del campione. Ad esempio:

$$P(10 \leq Q < 18) = P\left(\frac{10 - 12}{8.7} \leq Z < \frac{18 - 12}{8.7}\right) = P(-0.23 \leq Z < 0.69) = 0.35$$

In tale intervallo di consumi quindi ci aspetteremo di trovare 35% di eventi, secondo la distribuzione teorica. Con un livello di significatività $\alpha = 0.05$, la regione critica e di accettazione risultano:

$$R.C. = Q > \chi^2_{k-1-1, \alpha} = 5.89$$

$$R.A. = Q \leq \chi^2_{k-1-1, \alpha} = 5.89$$

Anche in questo caso è stata applicata anche la correzione di *Yates* per il calcolo della variabile, dato che il campione analizzato presenta una numerosità inferiore a 200 elementi.

La statistica del test risulta:

$$Q = \sum_{k=1}^n \frac{(|\mathcal{F}o_k - \mathcal{F}t_k| - 0,5)^2}{\mathcal{F}t_k} = \frac{(0,8)^2}{14,7} + \frac{(1,1)^2}{12,6} + \frac{(1,26)^2}{5,81} + \frac{(1,62)^2}{2,88} = 1,32$$

Mettendo a confronto questo valore con il quantile $\chi^2_{k-1-1,\alpha} = \chi^2_{2,0.05} = 5.99$ si conclude che non si può rifiutare l'ipotesi nulla, pertanto la domanda dell'articolo analizzato è approssimabile con una variabile Gaussiana.

CAPITOLO V

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI OPERATIVI

Dopo aver identificato gli articoli target e i parametri che ne caratterizzano il modello di domanda, il progetto prosegue con la definizione di un opportuno modello di gestione specifico per ognuno. Ogni articolo, infatti, richiede una personale logica di controllo che dipenderà dalle caratteristiche della domanda ma anche da valutazioni strategiche relative ai processi di fornitura.

Per gestire in maniera efficace ed efficiente le scorte a magazzino, un sistema di controllo deve essere in grado di definire per ciascun articolo:

- “Quanto” ordinare: ossia la quantità ottima da approvvigionare, tenendo conto degli obiettivi di costo e del livello di servizio.
- “Quando” ordinare: ossia il momento in cui emettere un nuovo ordine al fornitore, per assicurare la puntuale alimentazione dei processi produttivi e distributivi ed eludere ogni rischio d’insoddisfazione della domanda, interna ed esterna.

Ovviamente se, come nel nostro caso, il tasso di consumo può variare, solamente una delle due dimensioni potrà essere fissata. Infatti, ogni tentativo di tenerle fisse entrambe, nel lungo periodo, causerà con molta probabilità rotture di stock o eccessivi livelli di scorta e quindi inefficienze. [HOWARD, 1984]

Ciascuna decisione sarà influenzata direttamente da considerazioni economiche legate al costo degli articoli e dal concetto di livello di servizio che l’azienda vuole garantire al cliente.

5.1 I costi delle scorte

Esistono diverse motivazioni che inducono le aziende a mantenere delle scorte a magazzino; tuttavia è evidente che queste non possono essere considerate parte del valore aggiunto, in quanto, determinano un aggravio di costi che il cliente finale non è disposto a pagare. L'analisi dei fattori economici correlati alle scorte, diventa imprescindibile per implementare un modello di gestione che sia nello stesso tempo efficace ed efficiente. Generalmente le voci di costo che interessano le scorte, sono classificabili in tre categorie. Analizziamole più nel dettaglio evidenziando il loro andamento al variare delle quantità ordinate, così da comprendere meglio il loro impatto sulle politiche di gestione.

Costo d'ordinazione

Rappresenta la descrizione normalmente data al costo che un'azienda sostiene per emettere un nuovo ordine, procedere al ricevimento della merce, controllarla e stoccarla in magazzino. Il costo unitario d'ordinazione, indicato con C_o , è espresso in € per ordine. In questa voce sono inclusi tutti quei costi che non sono strettamente di ordinazione ma che sono connessi con l'aver emesso un nuovo ordine, come i costi di trasporto esterno/interno, quelli di elaborazione e registrazione dati, quelli relativi ad attività di controllo qualità ecc.

Le spese per il trasporto dalla fonte al magazzino sono spesso a carico del fornitore e quindi incluse nei costi d'acquisto, altre volte invece sono a carico del cliente e quindi vanno calcolate in maniera indipendente.

Generalmente il costo d'ordinazione può essere considerato proporzionale al numero di ordini effettuati nel periodo di riferimento (solitamente l'anno). Il numero annuo di ordini, quando la quantità ordinata è costante, è dato dalla quantità totale di materiale che l'azienda consuma mediamente in un anno diviso la dimensione del lotto ordinato ogni volta [HOWARD, 1974].

$$C_0 = a \times N = a \times \frac{D}{Q}$$

- N = numero di ordini effettuati in un anno
- D = domanda media annua
- a = costo di ogni singolo ordine
- $\frac{D}{Q}$ = numero di ordini effettuati all'anno

Il diagramma sottostante (fig. 5.1) mostra il tipico andamento decrescente del costo unitario di ordinazione, all'aumentare delle quantità acquistate il costo fisso dell'ordine verrà "spalmato" su un numero superiore di unità con l'effetto di ridurre l'incidenza unitaria.

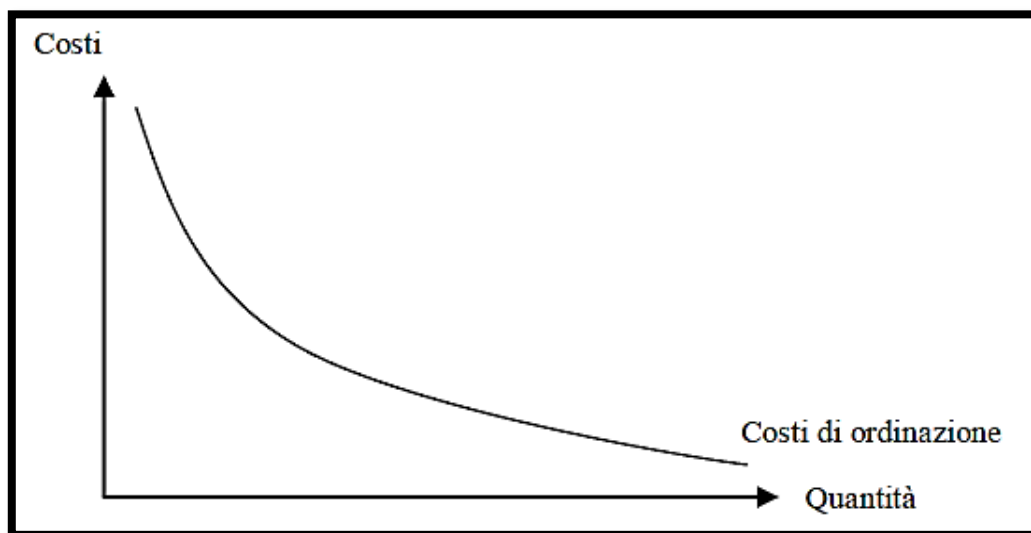


Figura 5.1– Rappresentazione grafica del costo d'ordinazione.

Costo di possesso o magazzinaggio

Sotto questa intestazione sono raggruppate tutte le voci di costo che sorgono a motivo dell'esistenza fisica dell'inventario e che variano in relazione alla dimensione dello stesso. Rappresenta il costo che l'azienda sostiene per mantenere la merce in magazzino e deriva dal fatto che la merce stessa occupa uno spazio fisico, richiede manutenzione e a volte opportuni trattamenti per conservare nel tempo le sue caratteristiche ma soprattutto immobilizza capitali che potrebbero essere impiegati altrove [ANDRIANO 2013].

Tale voce di costo è costituita da componenti apparentemente costanti, cioè non variabili al variare della dimensione della scorta o almeno costanti a tratti (esempio: affitto del magazzino, costo del personale addetto al magazzino, ecc.), e da altre componenti più chiaramente proporzionali al valore o al volume di ciò che è mantenuto a scorta in ogni istante (ad esempio: costi assicurativi, costi di rotture, imposte, interesse sul capitale investito, ecc.). Si può supporre approssimativamente che tale costo (indicato con C_p), normalmente valutato su base annua, sia proporzionale alla scorta media.

$$C_p = K_p \times P \times \frac{Q}{2}$$

- P = *prezzo di acquisto del materiale*
- $\frac{Q}{2}$ = *scorta media nell'ipotesi di consumo regolare*
- $P \times \frac{Q}{2}$ = *valore della scorta media*
- K_p = *incidenza di costo sul valore della merce*

La figura 5.2 mostra il tipico andamento dei costi di possesso al variare della scorta media:

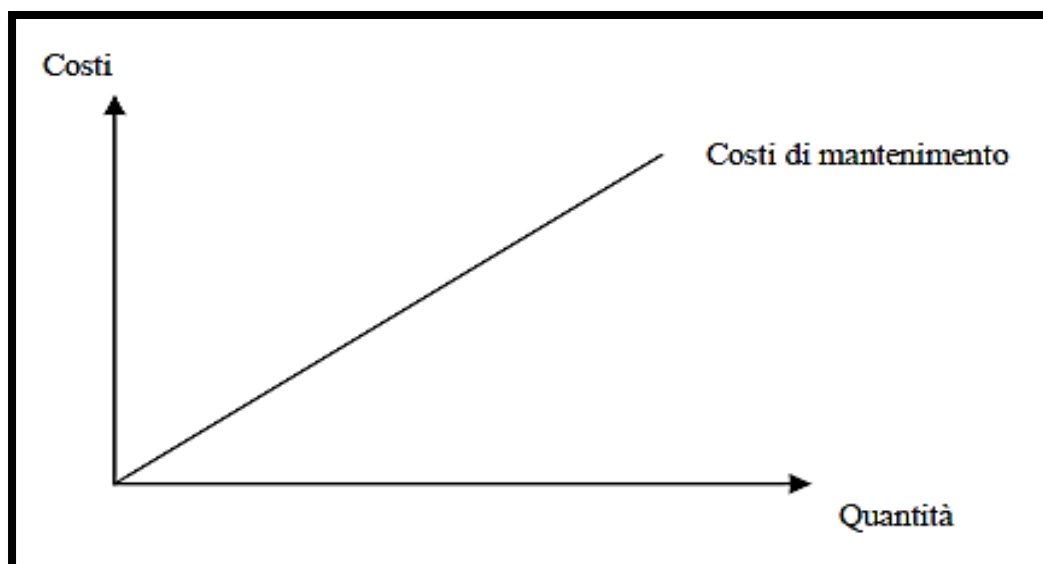


Figura 5.2 - Andamento dei costi di possesso al variare della giacenza media.

La separazione tra costi variabili e fissi e la successiva allocazione di questi agli articoli gestiti a scorta spesso risulta particolarmente problematica, in quanto molte voci di costo sono difficilmente valutabili e hanno una diversa incidenza sui vari articoli. La complessità aumenta al crescere del numero di articoli gestiti a scorta.

Solitamente i costi di possesso sono stimati come percentuale sul valore delle scorte (K_p) che varierà in base alle caratteristiche del materiale e alle logiche gestionali. La tabella 5.1 mostra l'incidenza percentuale delle singole componenti del costo di possesso sul valore totale delle scorte e quindi sul costo totale di mantenimento. Come riportato, tali costi variano tra 15-25% del valore della scorta in relazione a fattori tecnici e strategici che caratterizzano il contesto [STOCK, DOUGLAS, 1987].

Classe di costo	Incidenza % sul valore delle scorte
Costi di magazzino (affitto, tasse, gestione, deprezzamento..)	6% (3% - 10%)
Costo di movimentazione dei materiali	3% (1% - 3.5%)
Costi di lavoro extra – movimentazione	3% (3% - 5%)
Costi d'investimento (interessi, tasso, assicurazioni)	10% (6% - 24%)
Furti, obsolescenza e avanzzi	3% (2% - 5%)
Totale	25%

Tabella 5.1 – Incidenza delle singole componenti sul costo di possesso.

Costi di stock-out

Si manifesta una situazione di stock-out quando la giacenza disponibile non è in grado di soddisfare la domanda che si manifesta in un dato periodo. L'impatto di costo di una situazione simile varia molto, infatti, può essere grande se l'effetto della scarsa disponibilità in magazzino è la perdita di un grosso ordine o peggio la perdita definitiva di un cliente, ma può essere anche minimo se il margine perso o il costo per una spedizione straordinaria sono trascurabili.

Una quantificazione accurata di tale voce di costo è spesso impossibile da ottenere e la maggior parte delle volte si ricorre a delle stime probabilistiche. Gli effetti, infatti, cambiano da settore a settore e spesso sono direttamente influenzati dal tempo d'attesa che il cliente è disposto ad accettare per la disponibilità del prodotto richiesto. Generalmente i fattori che influenzano l'attesa del cliente e quindi la vendita sono:

Nel breve periodo:

- Urgenza del bisogno;
- Sostituibilità sul mercato;
- Fonti di fornitura alternative;

Nel lungo periodo:

- Fedeltà al fornitore;
- Fedeltà al Brand;

Per riuscire a valutare il costo di una situazione di stock-out il management deve conoscere le situazioni alternative che seguono un simile evento, la probabilità con cui ognuna di queste situazioni potrebbe presentarsi e il relativo impatto di costo. Inoltre, il costo totale dipende dalla dimensione dello stock-out in termini di numerosità di articoli e dal numero di clienti interessati [RAY, MILLMAN, 1979].

Supponiamo che la dimensione media di stock-out annuale sia di 12 articoli e che corrisponde alla quantità media domandata annualmente da clienti 3. Nella tabella 5.2 sono riportate le probabilità dei singoli eventi che possono far seguito ad una situazione di stock-out e il relativo costo complessivo. Riuscire a quantificare, seppure

tramite stime probabilistiche, l'incidenza economica di una situazione di stock-out può essere utile in sede decisionale per definire il giusto livello di giacenza.

Spesso, infatti, il livello di servizio da garantire al mercato è scelto proprio mettendo in relazione il costo di stock-out con il costo di possesso del relativo livello di giacenza.

Evento	Probabilità dell'evento	Impatto di costo unitario	Costo dell'evento
-Back-order	60%	800€ (per 12 commesse)	720€
-Commessa persa	35%	5.000€ (per 12 commesse)	21.000€
-Perdita del cliente	5%	20.000€ (per 3 clienti)	3.000€
-Costo stimato stock-out	-	-	24.720€
-Costo stock-out per articolo	-	-	824€

Tabella 5.2 - Possibile approccio per la stima del costo di stock-out.

In conclusione si osserva come scorte eccessive determinano oneri economici e spreco di risorse mentre scorte ridotte inducono disequilibrio nel ciclo produttivo e incrementano il rischio di non poter soddisfare la domanda del cliente. È fondamentale considerare la naturale interdipendenza che esiste tra le diverse voci di costo. Infatti, maggiore è la quantità di scorta mantenuta in magazzino e maggiore sarà l'incidenza del costo di magazzinaggio, ma nel contempo sarà maggiore anche il livello di servizio offerto al cliente con una minore incidenza del costo di stock-out. Il problema sta proprio nel comprendere queste interdipendenze e nel trovare il punto di equilibrio più opportuno.

5.2 Il lotto economico

Il primo obiettivo del sistema di gestione delle giacenze è di stabilire per ciascun articolo la dimensione ottima da ordinare. Il cosiddetto lotto economico d'acquisto (*Economic Order Quantity*) che minimizza i costi impliciti in ciascun approvvigionamento.

La figura 5.3 [HOWARD, 1984] evidenzia come varia l'incidenza di costo al variare della quantità ordinata. Per semplicità sono presi in considerazione soltanto i consumi medi e trascurate le scorte di sicurezza. La quantità X rappresenta il fabbisogno annuale corrispondente al consumo medio.

La questione da risolvere consiste nel decidere se è più conveniente incorrere in un costo d'ordinazione e in un costo di mantenimento a scorta, in media al livello A, oppure se è più conveniente incorrere in tre costi d'ordinazione ma in un costo di mantenimento a scorta inferiore, pari in media al livello B. Ovviamente questo dipenderà dalla relazione esistente tra le prime due componenti di costo descritte in precedenza e soprattutto da come esse variano in funzione delle quantità ordinate.

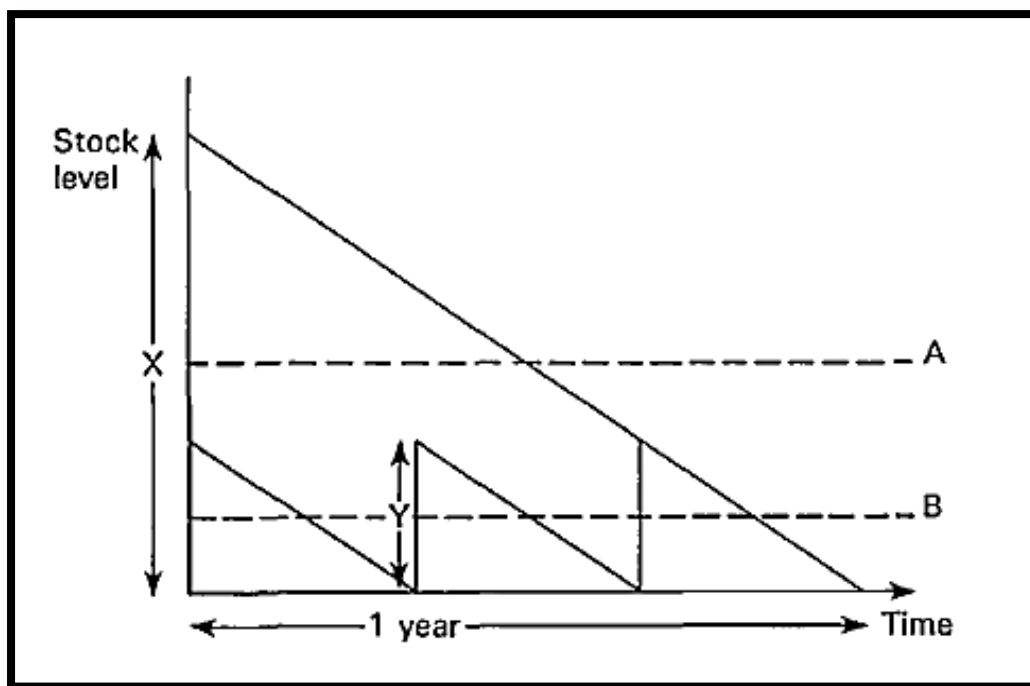


Figura 5.3– Diversa incidenza di costo al variare delle Q ordinate.

In letteratura l'approccio più utilizzato è il modello di *Wilson* che determina in maniera analitica la quantità economica da approvvigionare quando i costi di gestione dipendenti dall'entità del lotto, sono soltanto quelli d'ordinazione e di mantenimento in magazzino; le due classi di costi che abbiamo introdotto nel paragrafo precedente [ANDRIANO, 2013].

L'approccio analitico prevede di minimizzare la funzione di costo totale correlata alla gestione delle scorte derivante da:

- Quantità mediamente a magazzino: $\left(\frac{q}{2} + Ss\right)$
- Costo investimento medio: $\left(\frac{q}{2} + Ss\right) \times p$
- Costo mantenimento a magazzino: $C_p = \left(\frac{q}{2} + Ss\right) \times p \times K_p$
- Costo d'ordine: $C_o = a \times \frac{D}{Q}$

Dove:

- Q = lotto di riordino [pz.]
- Ss = scorta di sicurezza [pz.]
- p = costo unitario d'acquisto [€]
- K_p = incidenza di costo sul valore della merce
- a = costo unitario di emissione ordini [€/pz.]
- $\frac{D}{Q} = N$ = numero di ordini in un anno [ordini / anno]
- D = domanda annua [pz./anno]

$$\text{costo annuo totale } C_T = C_o + C_p$$

$$C_T = \left(\frac{Q}{2} + SS\right) \times p \times K_p + \left(a \times \frac{D}{Q}\right)$$

Il valore del lotto economico si ottiene derivando l'equazione di costo totale rispetto a Q ed eguagliandola a zero per trovare il suo punto di minimo. L'espressione grafica dell'andamento dei costi e il valore del lotto economico \bar{Q} , sono rappresentati in figura 5.4.

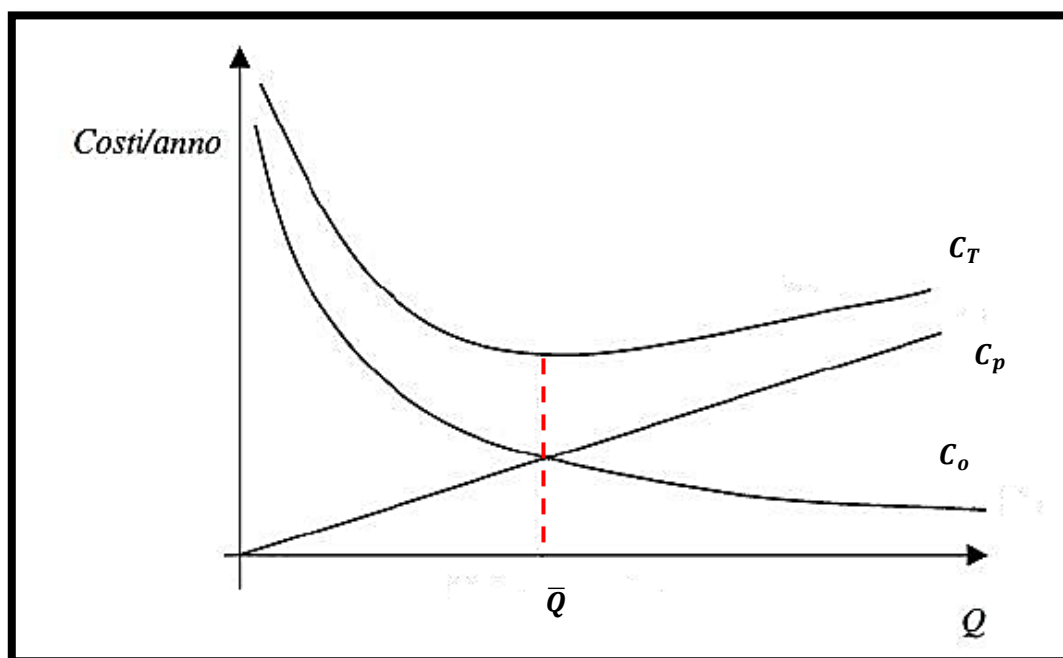


Figura 5.4 – Lotto economico e andamento dei costi.

Attraverso questo calcolo si perviene alla formula del lotto economico o equazione di Wilson:

$$\bar{Q} = \sqrt{\frac{2 \times D \times a}{p \times K_p}}$$

Per l'applicazione del suddetto approccio, devono essere soddisfatti tre requisiti:

- 1- Deve essere possibile stimare i costi d'ordinazione e di mantenimento a scorta con ragionevole accuratezza;
- 2- I consumi previsti devono essere accurati e ragionevolmente stabili;
- 3- Il prezzo d'acquisto non deve essere influenzato da sconti di quantità;

Tali ipotesi vincolano l'applicazione del modello solo per quegli articoli che presentano una domanda approssimabile a una variabile Normale, quindi con consumi abbastanza regolari e costanti durante tutto l'arco dell'anno.

Generalmente comunque il lotto economico non deve essere considerato come una quantità fissa ma al contrario come una linea guida sulla grandezza approssimativa

dell'ordine. La quantità ordinata non deve necessariamente essere precisa al valore di *EOQ* calcolato. Infatti, analizzando più nel dettaglio il modello analitico ci si accorge di come le dimensioni del lotto economico siano poco sensibili alle variazioni delle componenti che la costituiscono [HOWARD, 1974]. Anzitutto il legame algebrico tra il lotto e l'andamento della domanda; la quantità ordinata non cambia in funzione della domanda ma della sua radice quadrata e questo ovviamente ne riduce l'impatto.

Se ad esempio i costi d'ordinazione o la domanda media annuale fossero in realtà il doppio, l'*EOQ* sarebbe incrementato di un fattore pari alla radice quadrata di 2, ossia il 41%. Questo ovviamente riduce l'effetto di errori previsionali o valutazioni errate delle componenti di costo.

Inoltre analizzando nel dettaglio la figura si comprende come i costi complessivi di gestione siano molto più sensibili a riduzioni nelle quantità piuttosto che incrementi. La bassa sensibilità verso incrementi delle quantità rispetto al lotto economico è particolarmente vantaggiosa per le aziende perché consente loro di ottenere sconti nei prezzi d'acquisto, aumentando le quantità ordinate, o di effettuare trasporti a pieno carico così da ridurre al minimo l'incidenza unitaria del costo del trasporto. In conclusione, quindi, la dimensione economica del lotto dovrebbe essere considerata come una linea guida generale cui il management può fare riferimento, insieme a vincoli imposti dal fornitore o ai tempi di approvvigionamento o altri fattori strategici dell'articolo in esame.

5.2.1 Calcolo del lotto economico per gli articoli target

Dopo una prima analisi bibliografica, gli approcci classici studiati sono stati adattati al contesto e alla tipologia di domanda analizzata. Per ciascun articolo sono state definite e analizzate le principali componenti di costo al fine di ottenere informazioni utili per definire il lotto economico d'acquisto.

Il modello di *Wilson* per la definizione del lotto economico d'approvvigionamento, secondo l'ipotesi applicativa, è stato impiegato soltanto per gli articoli che presentavano dei consumi regolari e quindi per quelli che, nell'analisi statistica, sono stati approssimati a una variabile aleatoria Normale. Per i restanti, sono state analizzate le componenti di costo, così da fornire dettagli utili per la gestione degli approvvigionamenti. In collaborazione con la funzione acquisti *Perini*, sono state definite le voci di costo che incidono sulla gestione dei materiali.

Per quanto riguarda il costo d'ordinazione, con la dovuta accortezza, sono state definite le attività da svolgere per l'emissione di un nuovo ordine:

1. Ricerca fornitore;
2. Attribuzione RdA al fornitore;
3. Carico ordine in SAP;
4. Rilascio ordine e verifica di eventuali scostamenti nei prezzi;
5. Invio ordine al fornitore;
6. Condivisione disegni e specifica di fornitura su *Web-Edi*;
7. Registrazione conferma d'ordine;

Abbiamo misurato che per completare le attività, sono necessari mediamente 10,25 [min./OdA] con un relativo costo di 8,55 [€/OdA] in relazione agli attuali centri di costo, al quale poi si sommerà il costo correlato al trasporto dal fornitore all'azienda.

Per la definizione del costo di possesso, invece, sono stati analizzati in maniera dettagliata i flussi operativi e informativi che caratterizzeranno la nuova gestione e sulla base di questi sono state fissate le singole componenti che possono incidere sul costo di possesso complessivo, riportate in tabella 5.3.

Tenendo presente che per l'implementazione del magazzino non saranno acquisiti o affittati degli spazi aggiuntivi ma sarà sfruttata un'area dello stabilimento inutilizzata, che i semilavorati sono essenzialmente dei materiali grezzi poco influenzati da svalutazione e deprezzamento, l'unica voce a incidere particolarmente è quella relativa alla movimentazione e allo stoccaggio. Infatti, gli articoli essendo molto ingombranti necessitano di attrezzatura particolari e manodopera qualificata per una corretta movimentazione. Per tale motivo, considerando anche il costo del capitale investito, è stato deciso di assegnare come costo di possesso un'incidenza del 20% sul valore dell'articolo.

Classe di costo	Incidenza % sul valore delle scorte
Costi di magazzino (affitto, tasse, gestione, deprezzamento..)	2%
Costo di movimentazione dei materiali	3%
Costi di lavoro extra – movimentazione	3%
Costi d'investimento (interessi, tasso, assicurazioni)	10%
Furti, obsolescenza e avanzzi	2%
Totale	20%

Tabella 5.3 - Costo di possesso e incidenza delle singole componenti.

Il modello del lotto economico è stato applicato per gli articoli che presentano consumi normali; questi coincidono con gli articoli che sono approvvigionati da fornitori attivi in Cina e che pertanto oltre ad un elevato fattore di tempo presentano anche un'elevata incidenza dei costi del trasporto. Gli articoli sono appunto i tamponi che presentano dei consumi abbastanza regolari e sono riforniti in container.

Il costo di una consegna, pari a 1200€, è indipendente dal numero di pezzi inseriti nel container e sarà integrato al costo d'ordinazione. È chiaro che se il trasporto avviene a pieno carico l'incidenza unitaria sugli articoli diminuisce.

Di seguito sono riportati i parametri relativi all'articolo 268239 con il relativo calcolo del lotto economico:

- $a = \text{costo d'ordinazione (comprensivo del trasporto)} = 1209\text{€}$
- $D = \text{consumo medio annuale} = 144 \text{ pz.}$
- $p = \text{prezzo d'acquisto} = 743\text{€}$
- $K_p = \text{incidenza del costo di possesso} = 20\%$

$$\bar{Q} = \sqrt{\frac{2 \times D \times a}{p \times K_p}} = 48 \text{ pz.}$$

Considerando che il modello del lotto economico fornisce una linea guida da integrare con considerazioni strategiche, è evidente che il valore così ottenuto sarà adattato e coinciderà con il quantitativo tale da consentire il trasporto a pieno carico pari a 60 unità.

5.3 Il livello di riordino

Dopo aver analizzato l'incidenza economica delle scorte e risolto il problema delle quantità da ordinare, rimane da stabilire ogni quanto emettere un nuovo ordine per ricostituire la giacenza in magazzino.

Uno schema di controllo dei materiali prevede la gestione di due elementi, le quantità e gli intervalli di tempo che intercorrono tra due ordini successivi. Come detto in precedenza, se la domanda degli articoli è caratterizzata da una certa variabilità, risulta impossibile e inefficiente fissare entrambi gli elementi.

Generalmente si fa riferimento a due differenti approcci per il controllo dei materiali:

- *Controllo a quantità fisse;*
- *Controllo a periodi fissi;*

Nel primo caso la quantità da ordinare è stabilita con l'approccio del lotto economico, mentre il tempo che intercorre tra ordini successivi varierà in funzione della domanda effettiva nei periodi passati. Nel secondo approccio invece, viene fissato il periodo di tempo di ogni nuovo ordine, ottenuto anche in questo caso a partire dal lotto economico d'acquisto, e viene fatta variare la quantità approvvigionata che sarà funzione dei consumi passati.

L'approccio che si è deciso di adottare in questo progetto è quello del *Livello di Riordino* basato sulla quantità fissa. Un sistema che permette di avere un metodo d'emissione degli ordini semplice e poco costoso, che rispetto al metodo a intervallo costante riduce il livello di scorte da mantenere e quindi l'incidenza economica dei semilavorati, ingombranti e con un elevato valore. Le tecniche di gestione che adottano il criterio del livello di riordino si basano su una previsione dei bisogni futuri fondata sulla conoscenza dei consumi verificatisi in passato. La condizione necessaria per utilizzare questa tecnica è una sorveglianza costante del livello di scorta presente in magazzino, che tuttavia può essere ottenuto senza eccessivi sforzi tramite il gestionale *SAP*. Il sistema, infatti, tracciando i vari flussi evidenzia costantemente i

livelli di scorta per i diversi articoli in magazzino e permette di contenere i costi di controllo che in un simile approccio risulterebbero importanti.

Il livello di riordino (LR) rappresenta una sorta di segnalatore virtuale, quando la scorta disponibile a magazzino diventa più piccola di questo riferimento, a causa di un consumo dell'articolo, viene emesso un nuovo ordine verso il fornitore. Il periodo di riordino, cioè il tempo che intercorre tra due ordini consecutivi è invece variabile e sarà funzione della domanda effettiva.

$$LR = (Cm \times LT) + Ss \quad [pz.]$$

Dove:

- Cm = consumo medio articolo [pz./periodo]
- LT = lead time del fornitore [pz./periodo]
- Ss = scorta di sicurezza [pz]

Secondo tale definizione, l'emissione di un nuovo ordine può essere ritardata fino a che il livello di scorta disponibile in magazzino è ancora sufficiente a coprire il fabbisogno previsto durante il tempo di fornitura ($Cm \times LT$) più una scorta di sicurezza cautelativa. La figura 5.5, che riporta l'andamento dello stock in funzione del tempo, rappresenta il funzionamento del criterio a livello di riordino e chiarisce meglio il significato dei parametri. Dobbiamo ricordare che Cm e LT devono essere espressi nella stessa variabile temporale. Se ho parametri diversi, devo ricondurmi alla stessa situazione determinando un riferimento temporale, ad esempio la settimana, e riferire a essa tutte le variabili come multipli.

In figura 5.5 si nota inoltre come nel secondo e nel terzo ciclo d'ordine, all'istante di arrivo del lotto Q la giacenza sia pari alla scorta di sicurezza. Questo è un caso teorico perché nella realtà bisogna considerare gli elementi di variabilità relativi sia al consumo che al lead time del fornitore. Se questi elementi non coincideranno con quelli ipotizzati, la scorta di sicurezza sarà intaccata per sopperire alla variazione inattesa degli stessi, come avviene nel primo ciclo d'ordine.

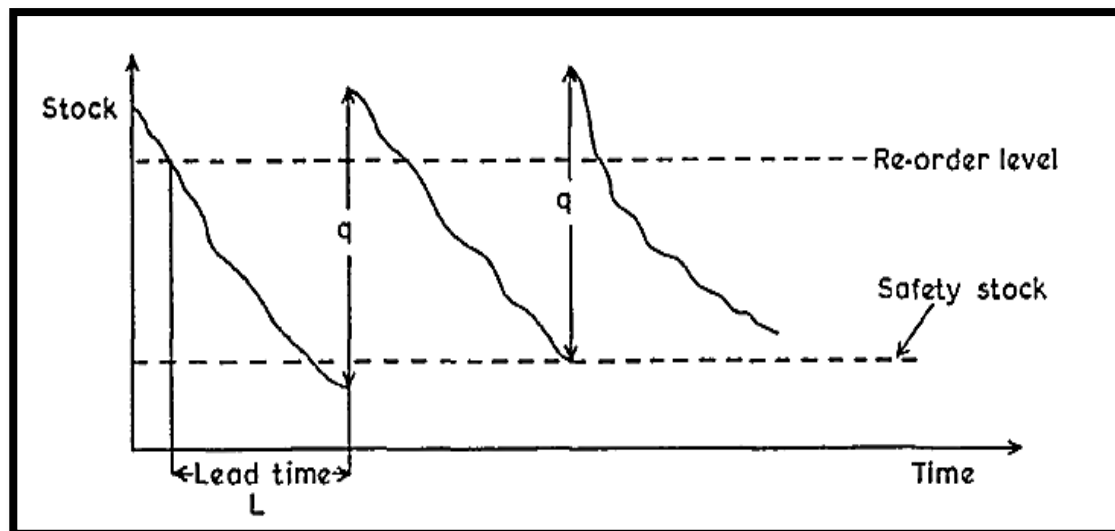


Figura 5.5 - Variazione della scorta nel tempo in un sistema di controllo a quantità fissa.

L'osservazione e la valutazione dei dati storici, svolta in precedenza, diventa un elemento fondamentale per calcolare i parametri di gestione del modello e definire il livello di riordino. La componente relativa alle scorte di sicurezza, invece, sarà funzione del tipo di variabile statistica a cui la domanda degli articoli è stata approssimata nel paragrafo 3.2. Nello specifico avremo due approcci differenti sulla base dell'approssimazione statistica dei consumi storici: un modello di riordino "classico" per gli articoli che presentano consumi regolari, approssimati ad una variabile *Normale*, e un modello di riordino per gli articoli sporadici che invece presentano consumi molto variabili e sono stati approssimati ad una variabile di *Poisson*. L'elemento di partenza, comune a entrambi gli approcci, è rappresentato dal livello di servizio che sarà affrontato dettagliatamente nel paragrafo successivo.

5.3.1 Il livello di servizio

Il concetto di livello di servizio assume un ruolo centrale nel dimensionamento delle giacenze. La scorta di sicurezza, infatti, è dimensionata cercando di bilanciare da un lato i costi di natura finanziaria e dall'altro l'obiettivo di avere un soddisfacente livello prestazionale nei confronti dei clienti [RONEN, 1983, PP. 37-45]. Il livello di servizio è una misura della puntualità dell'azienda nel soddisfare la richiesta di un cliente quando necessario, o all'interno di un ragionabile lead time caratteristico del mercato in cui opera l'azienda.

In letteratura ci sono vari modi di definire tale concetto, il più frequente è considerarlo come la percentuale di ordini che sono soddisfatti dalla disponibilità di scorta all'interno di un periodo specifico. Tuttavia questa prima definizione non prende in considerazione la dimensione di ciascun ordine che potrebbe essere piccola o molto estesa e quindi impegnare un quantitativo maggiore di articoli. Un altro modo per definire il livello di servizio è di associarlo al numero massimo di stock-out tollerabile in un periodo di tempo [RAY, MILLMAN, 1979, pp. 335-337]. Se ad esempio l'azienda ordina mensilmente e gli stock-out ammessi in due anni sono due, il livello di servizio corrispondente sarà:

$$L.S. = 1 - \frac{N. \text{ stock - out ammessi}(\text{due anni})}{N. \text{ di approvvigionamenti}(\text{due anni})} = 92\%$$

Il livello di servizio stabilito determina la dimensione della scorta di sicurezza e di conseguenza anche il livello di riordino. Esso ha un impatto diretto sul massimo livello di stock e quindi sull'investimento necessario. Maggiore sarà la scorta disponibile e maggiore sarà il livello di servizio offerto al cliente, tuttavia, un livello di servizio più alto determinerà una maggiore incidenza dei costi di magazzinaggio, e la variazione non è proporzionale. Per esempio, un incremento del livello di servizio dal 95% al 97% determina un incremento delle scorte di sicurezza pari al 14% se la domanda assume una distribuzione Normale. La ragione di questa *escalation* nei costi è dovuta al fatto che le scorte di sicurezza devono essere incrementate enormemente per raggiungere maggiori livelli di servizio.

Comprendere la relazione statistica tra livello di servizio e dimensione della scorta diventa fondamentale per bilanciare l'incidenza economica, con l'obiettivo di offrire un determinato livello prestazionale al cliente. La scelta del livello di servizio si basa su una prurita di considerazioni che vanno oltre il semplice significato economico e possono includere valutazioni inerenti alla produzione, al mercato e all'esperienza pratica dei responsabili.

5.3.2 Scorta di sicurezza per una distribuzione Normale

Il dimensionamento della scorta di sicurezza si basa su considerazioni di tipo statistico applicate ai dati storici del passato. L'aleatorietà della domanda e dei tempi di consegna porta alla necessità di impiegare scorte di sicurezza per garantire un livello di servizio $F(Z)$ accettabile.

Abbiamo visto che il livello di servizio è espresso in percentuale e rappresenta la probabilità di riuscire a evadere un ordine senza ritardi e modifiche nella qualità e quantità concordate. Quindi, per stabilire quale sia la dimensione della scorta di sicurezza corrispondente a un livello di servizio prefissato, occorre conoscere la variabilità del consumo e del lead time nel periodo di approvvigionamento, cioè la loro distribuzione di frequenza.

Assumendo che la distribuzione dei valori sia approssimabile a una variabile di Gauss, possiamo calcolare la media e la deviazione standard :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{N}}$$

La relativa curva è rappresentata in figura 5.6, essa identifica la distribuzione Normale standardizzata e gli intervalli di probabilità definiti come multipli della deviazione standard [SHELDON, 2008].

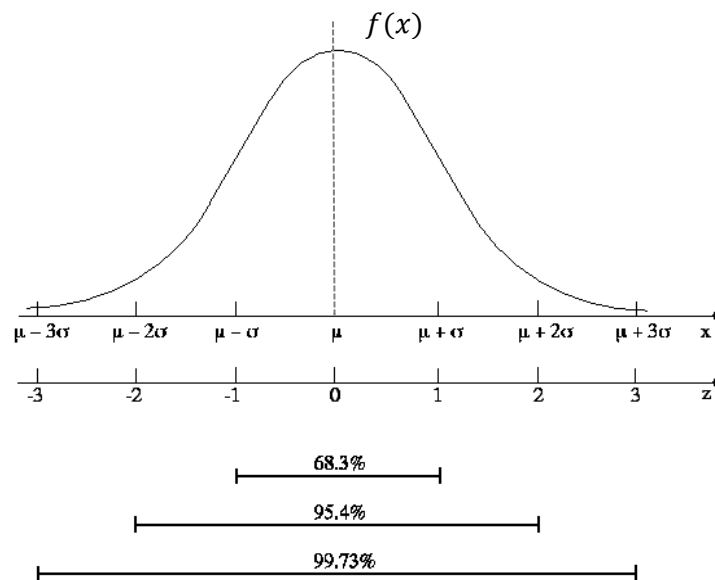


Figura 5.6 – Distribuzione Normale standardizzata e intervalli di probabilità.

Per questo tipo di distribuzione il livello di servizio è indicato come:

$$F(Z) = \mu + Z \times \sigma$$

corrispondente ad una quantità di scorta pari al consumo medio, più una componente di sicurezza:

$$Ss = Z \times \sigma$$

Dove Z è un fattore cautelativo comunemente detto *di sicurezza*, ottenuto standardizzando la distribuzione con i parametri x , μ e σ :

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Ottengo così una variabile normale standardizzata Z , che presenterà media $\mu=0$ e deviazione standard $\sigma=1$ (fig. 5.6).

La funzione di densità della variabile x , indicata con $f(x)$, si ottiene da quella della variabile normalizzata Z dividendola per la deviazione standard:

$$f(x) = \frac{f(Z)}{\sigma}$$

Si ottiene così che la funzione di ripartizione della variabile x coincide con quella della variabile normalizzata Z .

$$F(x) = F(Z)$$

Questo ci permette di esprimere le probabilità relative a x , in termini di probabilità su Z . Così basterà fissare il valore del livello di servizio $F(Z)$, per determinare il relativo valore Z e quindi il quantitativo corrispondente delle scorte di sicurezza.

Il livello di servizio è calcolato risolvendo l'integrale:

$$F(Z) = \int_{-\infty}^Z f(z)dz$$

Il valore di tale integrale è stabilito da tabelle raccolte in letterature e riportate in tabella D.1 in APPENDICE D. Una volta stabilito il livello di servizio desiderato, il relativo coefficiente di sicurezza corrisponderà alla variabile standardizzata ottenuta dalle tabelle.

Analizzando la distribuzione precedente, riportata in figura 5.6, osserviamo che qualora a magazzino fosse presente una quantità pari al μ e una scorta di sicurezza nulla ($Z = 0$), si avrebbe una probabilità del 50% di incorrere in rotture di stock, poiché tale valore corrisponde all'area sottesa dalla curva $x \leq \mu$.

La scorta di sicurezza inoltre, è definita da due componenti indipendenti; una riguardante la variazione sui consumi e l'altra riferita invece alla variabilità del lead time del fornitore [LIUC, 2013, pp. 35-39].

Scorta di sicurezza sui consumi

Tale componente, tiene conto della probabilità che durante il periodo di approvvigionamento il consumo risulti minore o maggiore rispetto a quello calcolato per via statistica, analizzando i dati del passato. L'andamento del consumo medio è riportato in figura 5.7 [GRANDO, 1995], dove sono evidenziati anche i casi di scostamento positivo e negativo dai valori attesi. Se la domanda dell'articolo è inferiore a quella prevista (C_m'), l'azienda non incorre in rotture di stock ma avviene un fenomeno di over-stock che determina livelli di scorta maggiori di quelli previsti e quindi una maggiore incidenza finanziaria. Se invece il consumo è maggiore (C_m'') l'azienda non sarà in grado di soddisfare le richieste del mercato e si presenteranno situazioni di stock-out con la relativa incidenza di costo.

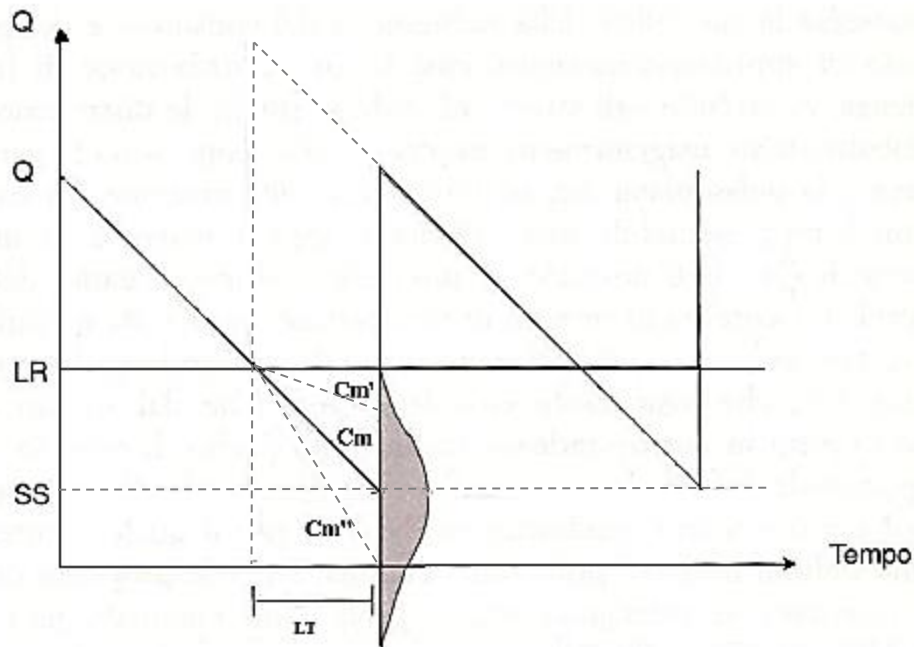


Figura 5.7 - Variabilità dei consumi.

Analizzando i dati raccolti nel passato, prendendo come riferimento temporale gli ultimi tre anni, sono stati definiti per ciascun articolo i consumi medi C_m e la relativa deviazione standard σ_c . Quest'ultima è un indice della dispersione dei dati rispetto ad

valore medio del campione considerato, ed ha pertanto la stessa unità di misura dei valori osservati.

La componente di scorta di sicurezza relativa ai consumi è la seguente:

$$Ss_c = Z \times \sigma_c \times \sqrt{LT}$$

$$[pezzi] = [adiemsnionale] \times \left[pezzi / periodo \right] \times [periodo]$$

Dove:

- Z : variabile standardizzata che rappresenta un valore di probabilità cumulata pari al livello di servizio atteso, ovvero la probabilità desiderata di non avere rotture di stock durante il Lead Time di approvvigionamento. I valori si ottengono dalle tabelle rappresentative della distribuzione normale standardizzata.
- $(LT)^\alpha$: il lead time di approvvigionamento, elevato solitamente ad una potenza che assume valori tra 0.5 e 0,75, per includere l'effetto compensativo nei consumi e tutelarci soltanto da scostamenti positivi del valore atteso. Il primo valore, utilizzato nella maggior parte dei casi, rappresenta il caso d'indipendenza statistica dei consumi durante il periodo di approvvigionamento, mentre il valore estremo di 0,75 quando vi è dipendenza statistica dei consumi.

Dobbiamo fare attenzione, inoltre, che il periodo nel quale valutiamo il consumo medio (giorni, settimane, mesi) e quindi la variazione standard, sia lo stesso con cui esprimiamo anche il LT .

Scorta di sicurezza sul tempo

La componente della scorta di sicurezza sul tempo considera, invece, l'incertezza sul tempo di approvvigionamento del fornitore. Come mostrato in figura 5.8 [GRANDO, 1995], pur avendo un consumo costante, ci possono essere ritardi o anticipi del

fornitore rispetto il periodo previsto. Il caso più grave è di un ritardo rispetto alla data definita (LT'') che può comportare rottura di stock, mentre il caso di anticipo (LT') provoca over-stock e aumento delle giacenze a magazzino.

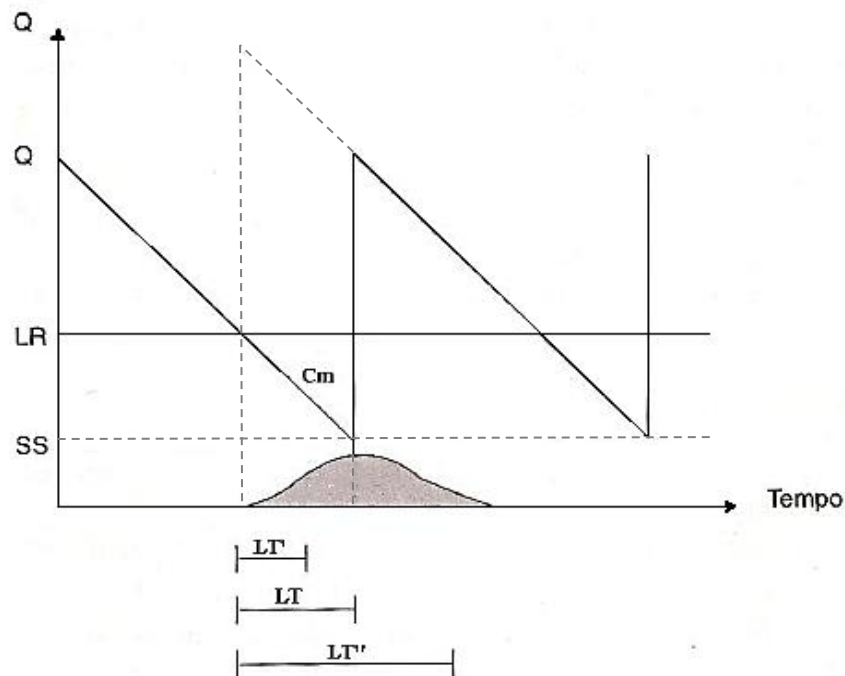


Figura 5.8 - Variabilità dei tempi di approvvigionamento.

Il *lead time* medio di consegna e la relativa deviazione standard σ_{LT} , sono stati calcolati tramite un'analisi delle tempistiche di fornitura negli ultimi tre anni, riportata nel paragrafo 3.2.

La formulazione della scorta di sicurezza sul tempo è la seguente:

$$SS_{LT} = z \times \sigma_{LT} \times C_m$$

$$[pezzi] = [adimensionale] \times [periodo] \times [pezzi/periodo]$$

Anche in questo caso il consumo medio e il lead time devono essere riferiti sullo stesso orizzonte temporale.

La scorta di sicurezza totale sarà ottenuta dalla somma delle due componenti precedentemente calcolate:

$$SS_{TOT} = SS_C + SS_{LT}$$

Avendo ipotizzato una distribuzione normale standardizzata, è possibile rappresentare la deviazione standard di una serie di eventi indipendenti tra loro, come la radice quadrata della somma delle variazioni al quadrato. Considerando la variazione legata ai consumi e al Lead Time di fornitura, posso esprimere la relazione come:

$$\sigma_{TOT} = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_{LT}^2}$$

Dove:

- σ_c^2 e σ_{LT}^2 sono indipendenti dal periodo considerato ed esprimono in generale la distribuzione dei valori, di consumo e di lead time, rispetto ai valori attesi.

Quindi esprimendo la formula in generale, ottengo il valore di scorta totale nel caso in cui i consumi sono approssimati a una distribuzione Normale:

$$\sigma_c^2 = \sigma_c^2 \times LT$$

$$\sigma_{LT}^2 = \sigma_{LT}^2 \times C_m^2$$

$$SS_{TOT} = z \times \sqrt{(\sigma_c^2 \times LT) + (\sigma_{LT}^2 \times C_m^2)}$$

5.3.3 La scorta per gli articoli con consumo regolare

Sono stati estratti da *SAP* e stratificati su *EXCEL* i dati relativi ai consumi e al tempo di approvvigionamento per ciascun articolo e per ogni fornitore. In seguito, sono stati valutati su differenti orizzonti temporali (mensile, settimanale, giornaliero) per definire quello più stabile, con un coefficiente di variazione più basso. Così come per l'analisi statistica, anche in questa fase le analisi si sono concentrate sui valori registrati negli ultimi tre anni.

I dati estratti sono stati poi caratterizzati per articolo e con opportuni calcoli statistici sono stati definiti i parametri necessari per la definizione dei livelli di riordino: media dei consumi mensili e relativa deviazione standard, media dei tempi di consegna e relativa deviazione standard.

In seguito sono state progettate tabelle di calcolo che, in relazione al tipo di domanda e ai parametri statistici, restituiscono i livelli di riordino e la componente relativa alla scorta di sicurezza per diversi valori di servizio.

Nella tabella 5.4 sono riportati i parametri caratteristici utilizzati nella definizione del livello di riordino, per un articolo approssimato a una distribuzione Normale:

Art.	Consumi 2013-2015	Um.	C_m (mensile)	σ_{C_m} (mensile)	Fornitore	LT_m (mensile)	σ_{LT} (mensile)	Prezzo
268239	438	pz.	12	8,7	F.P. CINA	3	0,5	€ 743,00

Tabella 5.4- Parametri statistici di consumo e fornitura.

Il valore proposto del punto di riordino, calcolato ricavando il valore della scorta di sicurezza e poi sommandolo al consumo medio moltiplicato per il lead time del fornitore ($LR = C_m \times LT + S_{s_{tot}}$) è rappresentato nella tabella 5.5.

Per ciascuno scenario sono riportati anche l'investimento e il relativo impatto di costo così da comprendere meglio l'incidenza economica che ciascun livello di servizio assume. Il livello di servizio obiettivo sarà scelto dal management in funzione del numero massimo di stock ammissibile in un periodo di riferimento.

Considerando che per l'articolo in questione, il lotto economico calcolato è pari a 60 [pz.], annualmente saranno effettuati tre cicli d'ordine e quindi, se ad esempio il numero di stock-out ammessi risulta essere pari a 1 ogni 3 anni il livello di servizio corrispondente sarà pari a:

$$L.S. = 1 - \frac{1}{9} = 89\%$$

Il livello di riordino più vicino ad assicurare un tale livello di servizio sarà pari a 56 unità [fig. 5.5], di cui 20 saranno accantonate per eventuali scostamenti dai consumi e dai tempi medi di consegna. Pertanto l'azienda dovrà sostenere un investimento complessivo in scorta pari a 41.608,00 € e un costo di possesso pari al 20% di tale investimento.

Se invece il numero di stock-out ammessi fosse 2, il corrispondente L.S. scenderebbe a circa 80% con un risparmio nell'investimento di quasi 5.000,00 € e nei costi di possesso di circa 1.000,00 €.

Art.	L.S.	Z	L.R.	Ss	Valore scorta	Costo di mantenimento
268239	80	0,84	50	14	€ 37.150,00	€ 7.430,00
	85	1,036	52	16	€ 38.448,17	€ 7.689,63
	90	1,28	56	20	€ 41.608,00	€ 8.321,60
	95	1,65	60	24	€ 44.580,00	€ 8.916,00
	98	2,06	68	32	€ 50.524,00	€ 10.104,80

Tabella 5.5 - Definizione dei livelli di riordino e dell'incidenza economica.

Tale decisione può essere presa confrontando i costi unitari di possesso con il costo di un potenziale stock-out.

Riprendendo l'approccio introdotto nel paragrafo 5.1, la tabella 5.6 introduce le situazioni alternative che seguono un simile evento, la probabilità con cui ognuna di queste situazioni potrebbe presentarsi e il relativo impatto di costo.

Il caso di *Back-order* rappresenta il costo che l'azienda sosterebbe per una consegna straordinaria, il costo di una *commessa persa* corrisponde al margine medio associato

a ciascuna commessa, mentre la situazione peggiore si riferisce alla perdite del cliente che viene quantificata come margine medio associato in un anno.

Da questo semplice approccio è evidente la notevole incidenza di costo che una situazione di stock out assume in un mercato come quello di *Engraving Solutions*.

Relativamente all'articolo precedente, il costo di possesso rappresenta solo il 10% del costo di stock-out stimato.

Evento	Probabilità dell'evento	Impatto di costo unitario	Costo dell'evento
-Back-order	70%	800€	560€
-Commessa persa	28%	3.000€	1.400€
-Perdita del cliente	2%	10.000€	400€
-Costo stimato stock-out	-	-	1600€

Tabella 5.6 - Approccio per stimare il costo di stock-out.

5.4 Prodotti a domanda sporadica

Gli articoli a domanda sporadica sono una categoria merceologica che necessita di particolari accorgimenti nella gestione operativa. Nelle moderne filiere logistico-distributive, gli articoli a “*domanda sporadica*” sono caratterizzati per la presenza di vendite commerciali poco frequenti, i cui consumi risultano molto variabili e irregolari rispetto alla loro media nei pochi periodi in cui si registrano vendite superiori allo zero. In moltissimi settori della distribuzione, sono presenti prodotti aventi una domanda bassa e irregolare: dai beni di largo consumo venduti soltanto in particolare periodi promozionali (quindi con vendite distribuite irregolarmente nel tempo e prossime allo zero nei restanti periodi dell’anno) ai farmaci per le malattie rare, alle parti elettromeccaniche di ricambio nel settore della componentistica *automotive* e *high-tech*. Più in generale, moltissimi articoli nella fase finale del loro ciclo commerciale di vita presentano caratteristiche morfologiche di domanda assimilabili ai cosiddetti item “sporadici”, venduti poco in quanto ritenuti ormai obsoleti dal mercato.

La gestione industriale e commerciale di tale classe di prodotti risulta particolarmente complessa a causa della difficile prevedibilità di due elementi:

- Prossimo *bucket* in cui si manifesterà la domanda non nulla (ampiezza del prossimo intervallo di inter-arrivo della domanda);
- Intensità della domanda stessa nel prossimo *bucket*;

Questo determina la complessità nella predisposizione dei budget annuali e trimestrali delle vendite per tali articoli, nonché la previsione dei consumi nella singole settimane o mesi riferiti all’orizzonte temporale “operativo” dell’azienda.

Gli articoli classificabili a domanda sporadica presentano le seguenti caratteristiche strutturali nelle serie storiche di vendita [ANDRIANO, 2013]:

- La maggior parte dei valori di domanda sono nulli: in generale i valori storici a domanda positiva non superano il 30-40% del totale dei periodi in cui il prodotto è stato acquistabile nei punti vendita;

-
- Le quantità domandate presentano valori assai variabili intorno alla media annuale;
 - Le richieste di acquisto sono tra loro indipendenti, dal punto di vista statistico;
 - Non sono riscontrabili effetti di stagionalità nelle vendite storiche;
 - Eventuali fenomeni di trend di crescita o decrescita sono raramente e difficilmente registrabili;

Tutto questo determina un'intrinseca difficoltà nello stimare la domanda commerciale e diventa problematico definire efficaci piani di reintegro delle scorte presso punti vendita o magazzini intermedi del Supply Network. Per questa classe di prodotti, il compromesso di gestione diventa ancora più complicato per il management. Da un lato la mancanza di disponibilità e quindi fenomeni di stock-out che deteriorano il livello di servizio erogato dall'azienda e incidono sui margini di redditività, dall'altro, mantenere considerevoli quantità di questa classe di articoli incide notevolmente sui costi di mantenimento a magazzino degli stessi, la cui produzione è spesso condotta per lotti discreti da schedare presso gli impianti produttivi ogniqualvolta il livello di giacenza di tali prodotti scende sotto una soglia di ripristino predefinita [GRANGE, 1978].

Nonostante le caratteristiche definite in precedenza, per riconoscere univocamente i prodotti a domanda bassa e intermittente si ricorre a due metriche principali [LIUC, 2012, pp. 31-36]:

- La densità di zeri presenti nella relativa serie storica di vendita;
- Coefficiente di variazione;

Densità di valori nulli

Evidenzia la percentuale di valori nulli (zeri) presenti all'interno della serie storica in esame. Un semplice algoritmo di conteggio dei valori nulli è in grado di rapportare il numero di valori nulli al totale dei valori presenti nell'orizzonte temporale di riferimento.

L'indice di densità di una serie storica è definito dal seguente rapporto:

$$\delta_z = \frac{n_z}{n_z + n_v},$$

Avendo indicato con n_v il numero di valori positivi di domanda e con n_z il numero di zeri riscontrati, valendo la relazione $n_z + n_v = T$. Una densità di zeri pari a 50-60% certifica la presenza di una serie storica sporadica.

Coefficiente di variazione (Cv)

Rappresenta la metrica più utilizzata per l'analisi di variabilità di una serie storica ed è definito dal rapporto fra deviazione standard e dal valor medio della distribuzione di valori. Tale indice esprime la percentuale di variazione della serie storica rispetto al valor medio e assume linearmente un valore maggiore al crescere della dispersione dei dati attorno al valore medio.

Se Cv risulta inferiore a 0,7 la serie è facilmente prevedibile e può definirsi continua e regolare, mentre se Cv risulta superiore all'unità la serie storica presenta notevoli fluttuazione erratiche attorno al valor medio, la cui regolarità è difficilmente identificabile e proiettabile nel futuro. In questo caso l'indice identifica con certezza una serie sporadica.

5.4.1 Le scorte per gli articoli sporadici: Il Modello di *Poisson*

Quando la domanda per l'articolo in esame risulta inferiore a 10 unità, non è in generale possibile approssimare l'andamento alla legge Normale come è stato fatto per gli articoli precedenti.

Una legge statistica che si adatta molto convenientemente alla domanda di questa tipologia di prodotti è la legge di *Poisson* (detta appunto degli “*eventi rari*”), il cui relativo modello viene utilizzato per la gestione delle giacenze a magazzino.

La distribuzione di *Poisson* (o *Poissoniana*) è una distribuzione di probabilità discreta che esprime il numero di eventi d'interesse nell'intervallo prefissato e ha quindi per oggetto eventi discreti (numerabili) in spazi (intervalli) continui [SHELDON, 2008].

La variabile casuale di *Poisson* ha funzione di probabilità:

$$p(x, \lambda) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

Il parametro λ rappresenta il numero medio di eventi per l'intervallo di riferimento, x invece rappresenta il numero di eventi sullo stesso intervallo di cui si vuole calcolare la probabilità.

Nel nostro caso:

- λ : rappresenta la domanda media durante il tempo di attesa ($C_m \times LT$) per il controllo a quantità fissa, o durante il tempo di attesa più l'intervallo di controllo ($C_m \times (LT + T)$) per il controllo a periodo costante;
- $p(x, \lambda)$: rappresenta invece la probabilità che durante i periodi suddetti la domanda sia di x pezzi;
- Per valore di λ superiore a 15, la distribuzione di Poisson si identifica agli effetti pratici con la distribuzione Normale;

La distribuzione di Poisson è discreta, quindi $p(x, \lambda)$ assume valori non nulli per tutti gli interi da 0 a ∞ e la sua varianza risulta uguale alla media: $\lambda = \sigma^2$.

Per la gestione delle scorte di articoli sporadici si fa spesso riferimento al modello di *Poisson*, in quando tale distribuzione statistica modella in modo adeguato i fenomeni d'intermittenza e casualità statistica, insiti nelle domande di tali articoli [ANDRIANO, 2013].

Dopo aver valutato il coefficiente di variazione (C_v) e la densità di consumi nulli (δ_z), e dopo aver accertato con gli opportuni test statistici che l'andamento della domanda possa essere approssimato alla legge di Poisson (par. 3.3), la quantità periodica da riordinare in ogni *lead time* (LT) è stata definita attraverso i seguenti step:

1. Calcolo della distribuzione di *Poisson* per ciascun articolo, nota la domanda media storica fra coppie di lead time consecutivi (λ); il calcolo consiste nel determinare la probabilità che in un certo LT la domanda dell'articolo sia pari a zero pezzi, un pezzo, due pezzi, ecc.;
2. Definizione del livello di servizio minimo teorico (LS) che si vuole garantire al cliente, per la disponibilità di ciascun articolo a bassa domanda;
3. In base al LS scelto, calcolo del numero minimo di pezzi da tenere a stock per ciascun articolo;

In generale, il modello di *Poisson* è classificabile come un metodo di gestione delle scorte a lotto fisso e intervallo di riordino variabile. La quantità Q teorica di riordino calcolata con tale algoritmo include la quota parte relativa alla scorta di sicurezza, che sarà pari alla differenza tra la quantità Q e il consumo medio previsto nel tempo di approvvigionamento.

La tabella 5.6 riporta i parametri statistici di un articolo sporadico necessari per la definizione del relativo livello di riordino:

Art.	Consumi 2013-2015	Um.	C_m (mensile)	σ_{C_m} (mensile)	Fornitore	LT_m (mensile)	σ_{LT} (mensile)	Prezzo
220324	127	pz.	4	2	Mazzoni Tubi	0,75	0,1	€ 3185,00

Tabella 5.7 - Parametri statistici di consumo e fornitura.

Sapendo che il parametro caratteristico del modello di *Poisson* risulta essere:

$$\lambda = C_m * LT = 3$$

Dalle tavole distributive della variabile di *Poisson* corrispondenti al parametro $\lambda=3$, risulta semplice e rapido calcolare il livello di riordino desiderato.

Sulle tavole (tabella C.1 in APPENDICE C) in corrispondenza di $\lambda = 3$ troviamo:

x	$p(x, 3)$	<i>Progressivo</i>	<i>Progressivo inverso</i>
0	0.0498	0.0498	
1	0.1494	0.1992	
2	0.2240	0.4232	
3	0.2240	0.6472	
4	0.1680	0.8152	
5	0.1008	0.916	
6	0.0504	0.9664	
7	0.0216	0.988	
8	0.0081	0.9961	
9	0.0027	0.9988	0.0039
10	0.0008	0.9996	0.0012
11	0.0002	0.9998	0.0004
12	0.0002	1	0.0002

Tabella 5.8 - Distribuzione caratteristica di una variabile Poisson di parametro $\lambda = 3$.

La prima colonna riporta il quantitativo teorico che l'azienda potrebbe mantenere a scorta e nella seconda viene riportata la probabilità che i consumi effettivi, durante il lead time, coincidano con tale quantitativo.

La colonna del *Progressivo* indica in corrispondenza di ciascuna x la probabilità che la domanda assuma valori inferiori o uguali ad x : esprime quindi il L_s corrispondente alla quantità x tenuta a scorta in magazzino. Mentre il *Progressivo inverso*, rappresenta la probabilità di incorrere in rotture di stock avendo a scorta la corrispondente quantità.

A partire da queste distribuzioni è stato possibile ricreare degli strumenti grafici che evidenziano il quantitativo corrispondente al livello di servizio obiettivo e l'incidenza del costo di magazzinaggio, fissato come il 20% del valore della merce. La figura 5.9 riprende i valori riportati nella tabella precedente e riporta gli elementi che potrebbero essere esposti alla direzione aziendale per stabilire un'appropriata politica di servizio al cliente.

Sull'articolo in questione, per garantire un *LS* dell'80%, sarà necessario tenere una scorta di quattro rulli semilavorati del formato corrispondente, il che implicherà un investimento di 12.800€ e un relativo costo di possesso pari a 2.550€.

L'incremento del *LS* del 15% comporterà una scorta supplementare di due pezzi con un incremento del 51% sui costi annuali di possesso. A ciascuno stadio la direzione potrà stabilire se il costo aggiuntivo sarà giustificato dal miglioramento del servizio offerto.

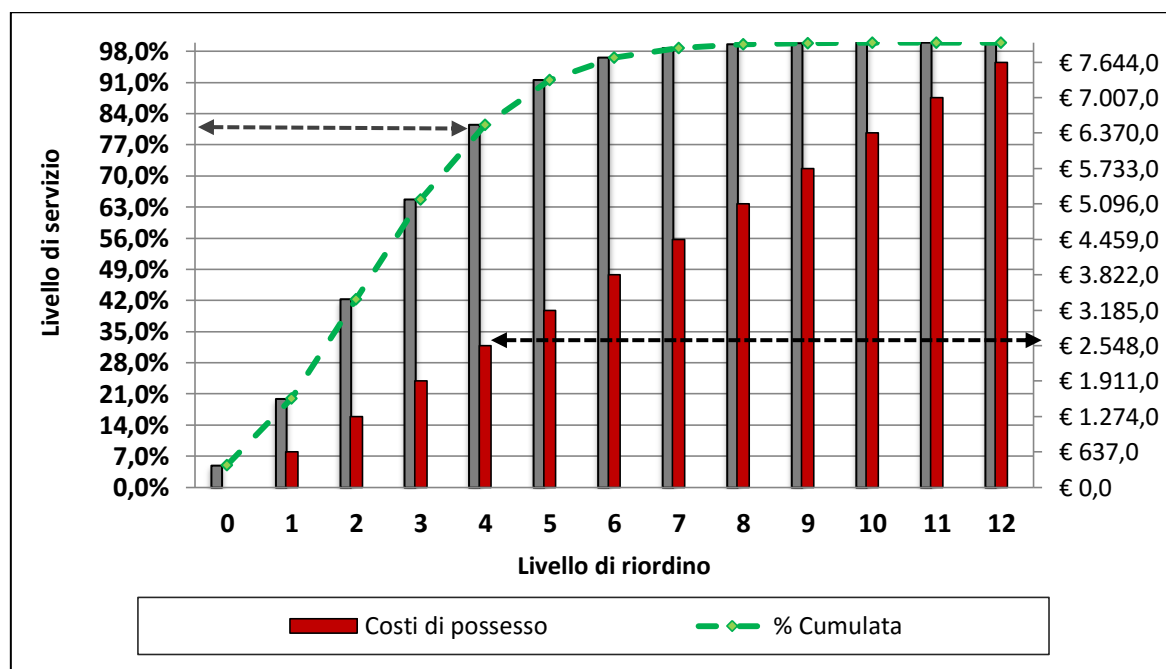


Figura 5.9 - Relazione indicativa tra livello di servizio, livello di riordino e costi di possesso.

CAPITOLO VI:

PARAMETRIZZAZIONE SUL GESTIONALE SAP

L'ultima fase del progetto è rappresentata dalla parametrizzazione sul gestionale SAP dell'ambiente dedicato alla gestione logistica dei materiali.

Tale attività realizzata con il supporto della funzione IT *Perini* ha come obiettivo quello di rendere il sistema di controllo il più automatizzato possibile, riducendo al minimo l'incidenza economica delle attività di controllo ed eventuali errori nella disponibilità della merce.

Nel sistema SAP di *Engraving Solutions* era già presente il modulo *Material Management*, la parte del sistema informativo rivolta all'area logistica che si occupa principalmente di:

- Definire le caratteristiche degli articoli trattati dall'azienda;
- Controllare la movimentazione degli articoli;
- Fornire analisi di disponibilità e giacenza degli articoli;
- Fornire valutazioni inventariali con relative valorizzazioni;
- Identificare le ubicazioni fisiche degli articoli in magazzino;

Per la parametrizzazione, tutti gli articoli che saranno gestiti a scorta sono già identificati nell'anagrafica del sistema, è bastato quindi modificarla inserendo i nuovi parametri di controllo definiti in questo lavoro di tesi. Con l'implementazione di un magazzino tali parametri diventano fondamentali perché permettono al sistema di controllare i livelli di giacenza, generare i fabbisogni e pianificare le azioni successive in maniera automatizzata.

La transazione SAP *MM02* consente di accedere a un'anagrafica già esistente e di modificarne i parametri di controllo. Una volta inviata la transazione sarà necessario inserire il codice identificativo dell'articolo per accedere alla sua anagrafica (fig. 6.1).

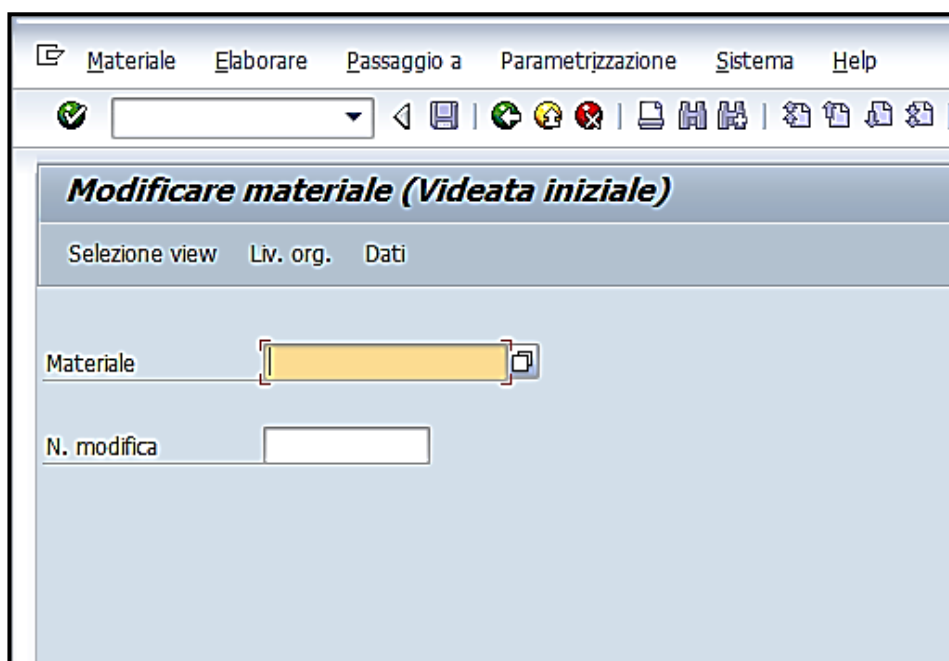


Figura 6.1 - Schermata SAP di modifica dell'anagrafica materiale.

Nella prima vista *“Pianificazione MRP”* (fig. 6.2) è stato possibile settare le logiche di controllo delle giacenze in magazzino. In *“CAR.MRP”* è stato inserito il parametro corrispondente alla logica di controllo delle scorte tramite livello di riordino.

In *“Stock riordino”* è stato fissato il quantitativo corrispondente al livello di riordino; una volta che le giacenze in magazzino saranno scese al di sotto di tale valore il sistema genererà in automatico i fabbisogni e le richieste d’acquisto per l’articolo corrispondente.

Nella finestra *“Dati lotto”* è stato possibile configurare le dimensioni dei lotti di riordino in relazione alle valutazioni economiche fatte in precedenza, stabilendo quantitativi minimi e massimi per ciascun ordine e l’intervallo di tempo per la definizione dei fabbisogni.

Testo ord. acquisto		Pianificazione MRP 1		Pianificazione MRP 2		Pia...	
Materiale	268240	*2,7* FASI PRELIM.LAVORAZ.R.ACC.500				i	
Divisione	0030	Engraving Solutions SRL					
Dati generali							
Unità misura base	PZ	Pezzo	Gruppo di pianif.				
Gruppo acquisti	G11	Codice ABC					
Stato mat.spec.div.		Inizio validità					
Proc. pian. MRP							
Car. MRP	PD	Pianificazione MRP determ.					
Stock riordino		Orizz. fisso pian.					
Periodicità MRP		Resp. MRP					P2M
Dati lotto							
Lotto pian. MRP	EX	Calcolo esatto dimensioni lotto					
Lotto minimo		Lotto massimo					
Lotto fisso		Livello max stock					
Costi fissi lotto		Cd. costi magazzino					
Scarto ass. in %		Intervallo cadenza					
Profilo di arrot.		Val.arrot.					
Gruppo unità misura							

Figura 6.2 - Vista parametri controllo scorte.

Nella seconda vista (fig. 6.3), sono stati definiti i parametri utili per la gestione dei fabbisogni.

In *“Tipo approvv.”* è stato specificato se gli articoli sono realizzati internamente o acquistati esternamente, nel primo caso il sistema genererà in automatico degli ordini di produzione mentre nel secondo caso saranno inoltrate al responsabile acquisti delle richieste di fornitura.

In *“Schedulazione”* sono stati fissati invece tutti i dati di tempo, a seconda se l'articolo è realizzato internamente o acquistato. Nel primo caso l'unità di misura sono i giorni da calendario di fabbrica, mentre nel secondo caso sono i giorni di lavoro. Su *“Calcolo fabb.netto”* sono stati inseriti invece i parametri relativi alle scorte di sicurezza, la cui quantità è già considerata nel precedente livello di riordino.

The screenshot displays the 'Pianificazione MRP' (MRP Planning) window, which is divided into several sections for configuring material requirements planning parameters.

Header: The window has tabs for 'Pianificazione MRP 1', 'Pianificazione MRP 2', 'Pianificazione MRP 3', and 'Pian. ...'. Below the tabs, the 'Materiale' (Material) is set to '268240' and the 'Divisione' (Division) is '0030'. The material description is '*2,7* FASI PRELIM.LAVORAZ.R.ACC.500' and the company is 'Engraving Solutions SRL'.

Approvvigionamento (Procurement): This section contains various procurement parameters:

- Tipo approv. (Approval type): F
- Approvv. speciale (Special procurement): 30
- Impiego quotazione (Quotation use): ☐
- Prelievo retroattivo (Retroactive withdrawal): ☐
- Cd.ord.cons.dett. (Order code specification): ☐
- Co-prodotto (Co-product): ☐
- Merce sfusa (Bulk goods): ☐
- Acquis. partita (Acquisition lot): ☐
- Magazzino produzione (Production warehouse): 0030
- Proposta AAP (AAP proposal): ☐
- Appr. est. mag. (External warehouse approval): ☐
- Gruppo DetStock (DetStock group): ☐
- Prod. co-prodotti (Co-products production): ☐

Schedulazione (Scheduling): This section contains scheduling parameters:

- Tempo prod. interna (Internal production time): 10 Gg.
- Tempo elab. EM (EM elaboration time): ☐ Gg.
- Chiave orizzonte (Horizon key): 001
- Tempo consegna pian. (Planned delivery time): 14 Gg.
- Calendario pian. (Planned calendar): ☐

Calcolo fabb. netto (Net production calculation): This section contains net production calculation parameters:

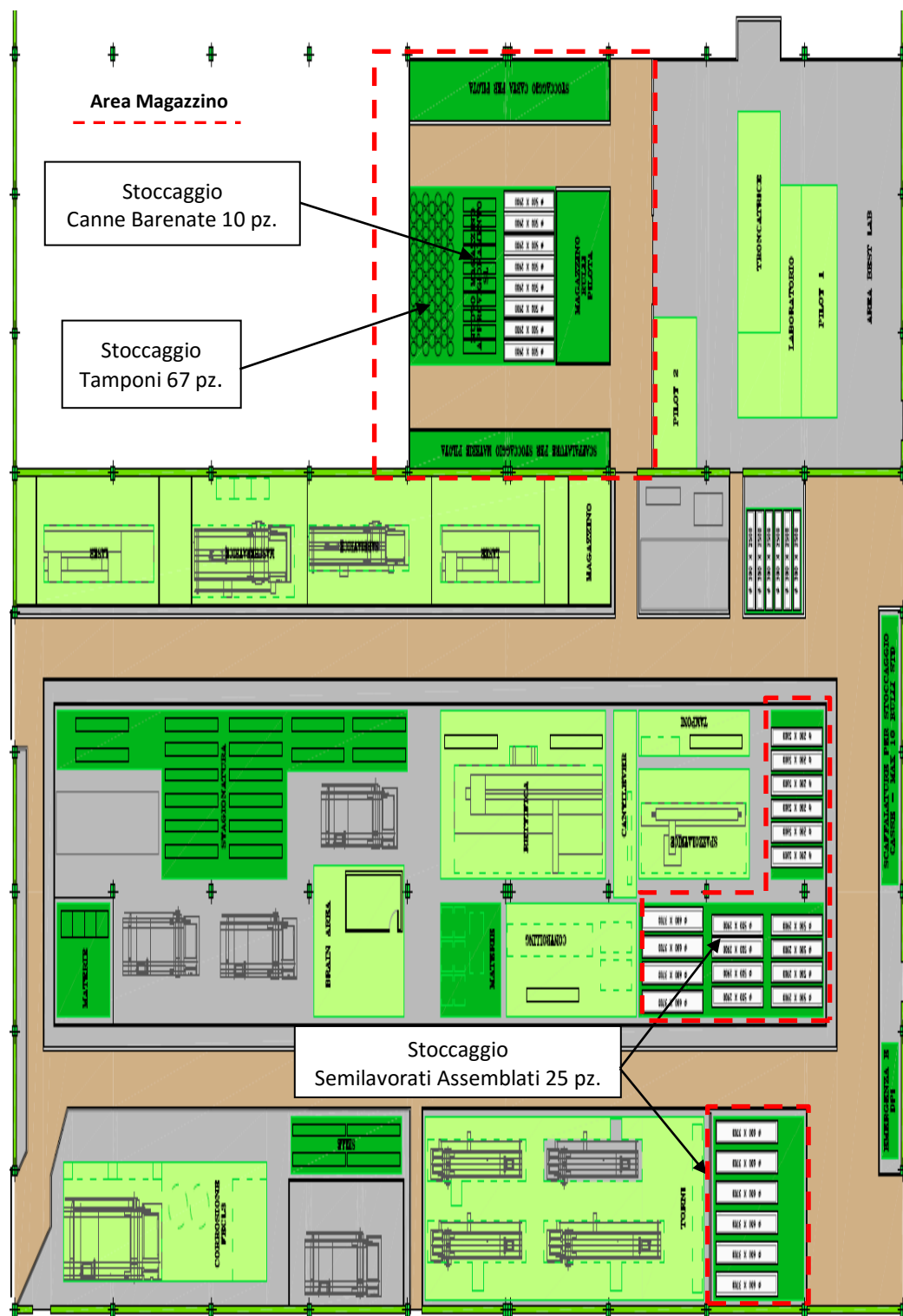
- Stock di sicurezza (Safety stock):
- Stock sic. min. (Minimum safety stock):
- Consid. marg. sic. (Consider safety margin): ☐
- Prof.Per.Marg.Sic. (Profit per safety margin):
- Disp. consegna (%) (Delivery availability (%)):
- Prof. range cop. (Profit range coverage):
- Marg. sic./ cop.eff. (Safety margin / effective coverage): Gg.

Figura 6.3 - Vista parametri per il controllo degli approvvigionamenti e delle Ss.

Infine l'attenzione è stata posta sulle zone di stoccaggio dei materiali. Per quanto riguarda l'area fisica, l'ipotesi è di sfruttare la zona adiacente alla B.E.S.T. LAB (attualmente inutilizzata), in modo da evitare spese d'affitto e altri costi sorgenti.

In seguito ad un rilievo delle misure sul posto, è stato quantificato il numero di articoli che sarà possibile stoccare in ogni area e di seguito viene riportata la planimetria dell'officina *Engraving Solutions* con le aree di stoccaggio e le relative capacità (fig. 6.4).

Ciascuna zona di stoccaggio è stata parametrizzata in modo da assegnare in anagrafica a ciascun articolo una specifica ubicazione. Per l'assegnazione sono state prese in considerazione sia le caratteristiche tecniche dei diversi articoli (peso e dimensioni) sia le frequenze al consumo, in modo da ottimizzare le attività di *handling* e i controlli inventariali.



Dopo aver inserito tutti i parametri di controllo in anagrafica materiali, SAP mette a disposizione diversi riepiloghi di stock utili al management per pianificare gli approvvigionamenti e identificare eventuali situazioni critiche.

Tra le tante, la transazione *MMBE*, fornisce tutte le informazioni di stock per ogni singolo materiale stoccato in magazzino (fig. 6.5).






Selezione			
Mat.	268239	TAMPONE D.460 A=886	
Tipo mat.	HALB	Prod. semilavorato	
Unità misura	PZ	UM di base	PZ
Riepilogo stock			
<div>      </div>			
Mandante / società / div. / magazzino / partita / stock speciale		Util. liber.	Controllo qualità
▼ Totale		Impegnato	Impegno entrate
▼ 0030 ENGRAVING SOLUTIONS S.R.L.		Port.ord.acq.	CtoDep. ordinato
▼ 0030 Engraving Solutions SRL			
• Mat. messo a disp.forn.			
• 0030 Mag. 0030			
		6,000	
		6,000	
		6,000	
		2,000	
		6,000	

Figura 6.5 - Transazione MMBE per l'analisi della giacenza.

Il sistema evidenzia la giacenza complessiva di ogni articolo e come si articola sulle diverse aree di stoccaggio.

La schermata, infatti, mostra un segmento di stock separato (*“Mat. Messo a disp. Forn.”*) che rappresenta il quantitativo di materiale spostato al fornitore per le eventuali lavorazioni di conto lavoro o in attesa di consegna e un doppio click sulla quantità, evidenzia su quali fornitori abbiamo spostato tale materiale.

Su *“Port.ord.acq.”* sono indicati invece, gli ordini emessi verso fornitori che devono ancora essere evasi; questi generano una disponibilità teorica futura che sarà evidenziata in questo campo.

CONCLUSIONI E RISULTATI RAGGIUNTI

Con la crescita in questa fase storica della complessità, del dinamismo e dell'imprevedibilità dei mercati, le performance aziendali sono messe sempre più a dura prova. Per mantenere il proprio vantaggio competitivo, le aziende sono costrette a seguire l'evoluzione dei mercati modificando continuamente i propri orientamenti strategici. *Engraving Solutions*, consapevole di tutto ciò e unitamente ai segnali di crescita provenienti dai mercati esteri, ha deciso di rivedere l'attuale assetto produttivo implementando una gestione a magazzino dei rulli semilavorati. Fino ad oggi, infatti, l'azienda ha sempre svolto tutte le fasi che caratterizzano una commessa su ordine del cliente, compreso l'approvvigionamento dei semilavorati e dei materiali necessari alle attività produttive.

Il presente lavoro di tesi rappresenta una concreta azione aziendale atta alla definizione di una struttura operativa e informativa che renda possibile una gestione efficace ed efficiente dei semilavorati impiegati nelle successive fasi produttive.

Dopo un'analisi iniziale del contesto e dei flussi che caratterizzano ciascuna commessa, è stato approfondito il ruolo delle scorte e le principali criticità che ne possono influenzare la gestione e quindi le performance aziendali.

In seguito, l'attenzione si è spostata sul portafoglio prodotti, ed è emerso che il totale di articoli semilavorati incisi dall'*Engraving Solutions* comprende formati molto diversi che vanno a costituire un portafoglio di circa 400 articoli. Per tale ragione, unitamente a valutazioni sulle macchine compatibili, sono state svolte delle stratificazioni di *Pareto* sulle commesse realizzate negli ultimi tre anni, così da indentificare quei formati target che presentano consumi tali da giustificare una gestione a magazzino.

Dall'analisi bibliografica, è emerso come lo studio dettagliato della domanda rappresenta un elemento imprescindibile per realizzare un sistema di controllo delle scorte che sia contemporaneamente efficace ed efficiente. Le analisi si sono concentrate sul gruppo di articoli target identificati in precedenza, andando oltre il

semplice consumo medio ma indagando sulla natura stessa della domanda per identificare quegli elementi che forniscano linee guida per un'appropriata gestione. Attraverso il software statistico *R*, sono state svolte analisi temporali della domanda per ricercare le componenti strutturali più importanti (trend, stagionalità, aleatorietà) e analisi statistiche per approssimare l'incertezza ad opportune variabili aleatorie e formalizzare così la relazione esistente tra livello di servizio e livelli di scorta. Sulla base dei risultati ottenuti è stato possibile approssimare gli articoli a due variabili aleatorie, distribuzione *Normale* per articoli che presentano consumi regolari e costanti e distribuzione di *Poisson* per articoli che presentano consumi contenuti, variabili e con una forte incidenza di valori nulli.

Dopo aver identificato gli articoli target e i parametri che ne caratterizzano il modello di domanda, il progetto è proseguito con la definizione dei parametri di controllo, specifici per ciascuno. Ogni articolo, infatti, richiede una personale logica di controllo che dipenderà dalle caratteristiche della domanda e da valutazioni strategiche, relative alle fasi di fornitura. Per ciascun materiale sono state definite le componenti di costo, al fine di definire i lotti economici d'acquisto e fornire dettagli al management per la gestione degli approvvigionamenti. Quindi sono stati calcolati i livelli di riordino e la componente relativa alla scorta di sicurezza; i valori sono stati formalizzati per diversi livelli di servizio al fine di valutare l'incidenza economica delle giacenze corrispondente al livello prestazionale che si vuole garantire al cliente.

Infine i parametri calcolati sono stati inseriti nell'anagrafica materiali di SAP, in modo da completare anche la struttura informativa di gestione. La parametrizzazione, infatti, ha reso possibile un controllo automatizzato del flusso di materiali e inoltre a ciascun articolo sono state assegnate precise aree di ubicazione così da rendere più efficienti le movimentazioni e le attività inventariali.

Il progetto ha permesso all'azienda di identificare quali formati gestire a magazzino e come farlo. Sono stati formalizzati strumenti grafici di valutazione che hanno permesso al management di risolvere i compromessi, impliciti nella gestione, tra costi delle scorte e servizio offerto al cliente. Le scorte dei semilavorati consentiranno di ridurre drasticamente il tempo necessario al completamento di

ciascuna commessa, dal momento che gli articoli da lavorare saranno già presenti in magazzino e questo renderà l'attività di produzione più costante e regolare. La riduzione dei tempi per il completamento di una commessa, tuttavia, è solo il primo dei vantaggi conseguiti tramite una gestione a magazzino dei semilavorati:

1. Riduzione del 60% dei tempi di consegna;
2. Incremento del livello di servizio percepito dai clienti;
3. Incremento della competitività di *Engraving Solutions* sul mercato;
4. Possibilità di conseguire economie di prezzo nell'acquisto dei rulli semilavorati;
5. Disaccoppiamento della produzione dai tempi di fornitura;

In conclusione gli obiettivi del progetto sono stati pienamente conseguiti e, sebbene l'implementazione della nuova gestione avverrà a Settembre 2016, l'azienda grazie ai risultati di questo lavoro, possiede già una struttura informativa e operativa che le permette di approvvigionare e gestire a magazzino i rulli semilavorati.

Bibliografia

Riferimenti a libri e dispense:

- ANDRIANO A., 2013, *Produzione e logistica*, Franco Angeli.
- BOODMAN D., 1999, *Programmazione della produzione e controllo delle scorte*, Franco Angeli.
- DE WITT G., 1995, *La gestione delle scorte*, Franco Angeli.
- FLANDOLI F., *Dispense di Statistica II*, Università degli studi di Pisa, Facoltà di Ing. Gestionale, 2013.
- GRANDO A., 1995, *Organizzazione e gestione delle Produzione Industriale*, Egea.
- RICCI V., *Rappresentazione analitica delle distribuzioni su R*, Università degli studi di Parma, Facoltà di Ing. Gestionale, 2004.
- ROMANO P., Danese P., 2010, *Supply Chain Management*, McGraw-Hill.
- SCHMENNER R., 1995, *Produzione, scelte strategiche e gestione operativa*, Il Sole 24ore Libri.
- SHELDON M.R., 2008, *Probabilità e statistica*, Apogeo.
- STOCK J. R., LAMBERT D. M., *Strategic Logistics Management*, 2° edizione, Irwin Professional Publishing, 1987
- URGELLETTI G. T., 1981, *La gestione delle scorte*, Etas Libri.

Riferimenti ad articoli su periodici e riviste tecniche:

- CHIKÀN A., "An Empirical Analysis of Managerial Approaches to the Role of Inventories", *International Journal of Production Economics*, Vol. 118, Iss. 1, 2009, pp. 131 – 135.
- DALLARI F., MIALANATO D., "Dimensionamento corretto delle scorte di sicurezza", *Supply Chain Management – LIUC*, Gennaio 2013, pp. 35 – 39.
- DALLARI F., MILANATO D., "Il planning dei prodotti a bassa domanda", *Supply Chain Management – LIUC*, Maggio 2012, pp. 31 – 36.
- FINKIN E. F., "How to Limit Inventory Expenses", *Journal of Business Strategy*, Vol 10, Iss. 1, 1989, pp. 50 – 53.
- GRANGE F., "Challenges in Modeling Demand for Inventory Optimization of Slow-Moving Items", *Proceedings of the 1988 Winter Simulation Conference of Washington*, Vol. 2, 1988, pp. 1211 – 1217.
- HAHN G.J., LEUCHT A., "Managing Inventory System of Slow-Moving Items", *International Journal of Production Economics*, Vol. 170, 2015, pp. 543 – 550.
- HOWARD K., "Inventory Management in Practice", *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, Vol. 14, Iss. 2, 1984, pp. 3 – 36.
- HOWARD K., "The Role of Inventory in Practice", *Managerial Finance*, Vol. 4, Iss. 3, 1978, pp. 221 – 234.
- HOWARD K., "Inventory Management", *International Journal of Physical Distribution*, Vol. 5, Iss. 2, 1974, pp. 81 - 116.

-
-
- KOUMANAKOS D.P., “The Effect of Inventory Management on Firm Performance”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol.57, Iss. 5, 2008, pp. 335 – 369.
 - LANCIONI R.A., HOWARD K., “Inventory Management Technique”, *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, Vol. 8, Iss. 8, 1978, pp.385-428.
 - NENES G., PANAGIOTIDOU S., TAGARAS G., “Inventory Management of Multiple Items with Irregular Demand”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 205, 2010, pp. 313 – 324.
 - RAY D., MILLMAN S., “Optimal Inventories via Customer Service Objective”, *International Journal of Physical Distribution & Material Management*, Vol.9, Iss. 7, 1979, pp. 325 – 349.
 - RONEN D., “Inventory Service Levels – Comparison of Measures”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 3, Iss. 2, 1983, pp. 37 – 45.

Indice delle Figure

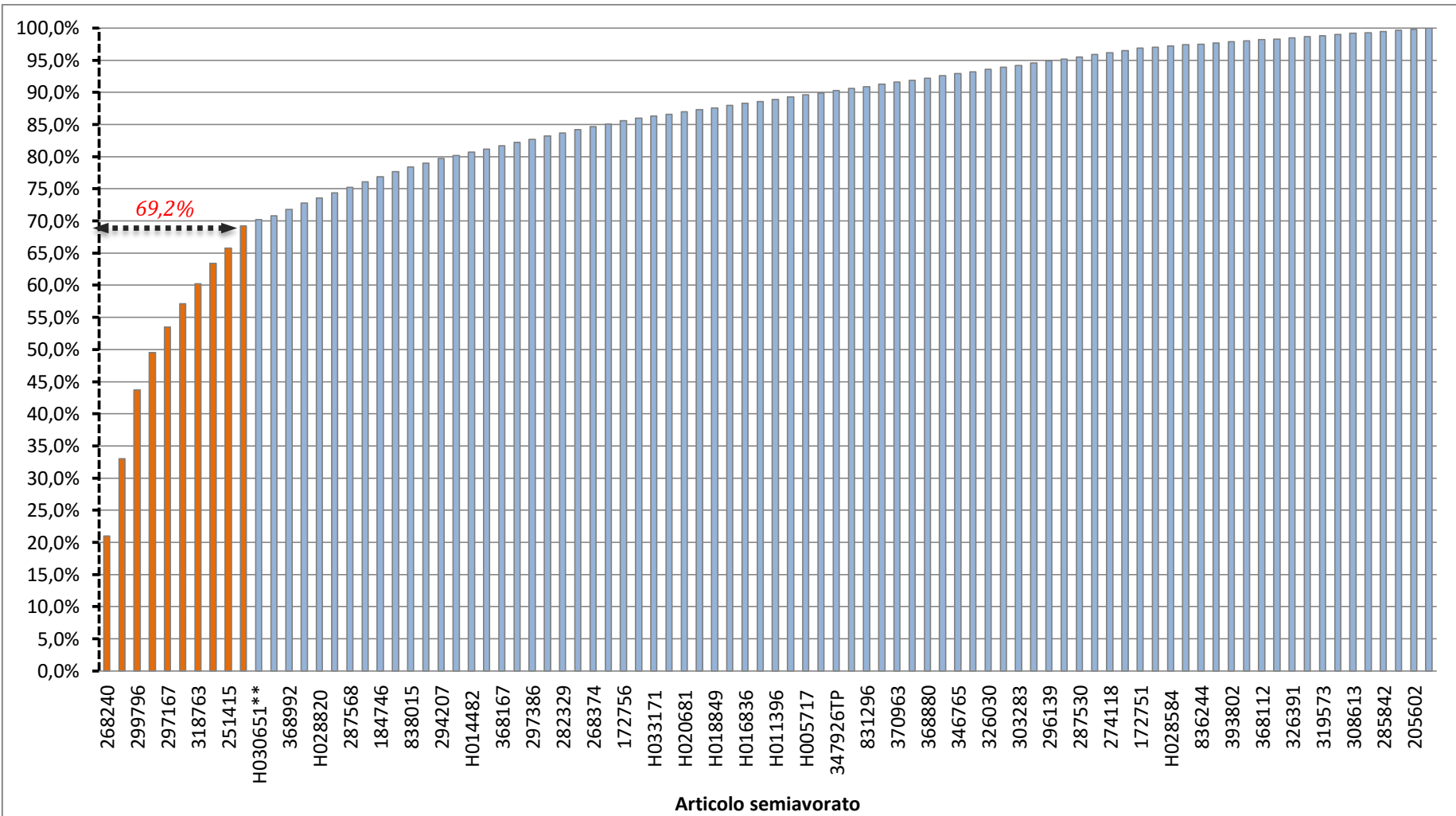
FIGURA 1.1 - LINEA DI TRASFORMAZIONE: MY LINE FABIO PERINI.	11
FIGURA 1.2 - INCISIONE MECCANICA.	12
FIGURA 1.3 - INCISIONE CHIMICA.	13
FIGURA 1.4 - PORTAFOGLIO CLIENTI.	14
FIGURA 1.5 - FLUSSO DELLE ATTIVITÀ.	15
FIGURA 1.6 - PATTERN ANALYSIS.	18
FIGURA 1.7 - LAYOUT STABILIMENTO ENGRAVING SOLUTIONS.	21
FIGURA 1.8 - CICLI DI PRODUZIONE.	22
FIGURA 1.9 - LEAD TIME CUMULATO.	23
FIGURA 3.1 - RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DI UN RULLO SEMILAVORATO.	37
FIGURA 3.2 - STORICO CONSUMO RULLI SEMILAVORATI.	38
FIGURA 3.3 - DISTRIBUZIONE GENERICA DI PARETO.	39
TABELLA 3.1- DATI ANALISI TAVOLE.	41
FIGURA 3.4 - DIAGRAMMA DI PARETO RELATIVO ALLE TAVOLE.	42
TABELLA 3.2 - DATI ANALISI TAVOLE.	43
FIGURA 3.5- DIAGRAMMA DI PARETO RELATIVO AI DIAMETRI.	44
TABELLA 3.3 - DATI ANALISI DEGLI ARTICOLI SEMILAVORATI.	45
FIGURA 3.6- DIAGRAMMA DI PARETO RELATIVO AGLI ARTICOLI.	46
FIGURA 3.7 - ARTICOLI TARGET DA GESTIRE A MAGAZZINO.	47
FIGURA 3.8 - STRATEGIA DI FORNITURA COMBINATA.	48
FIGURA 3.9 - TOOL UTILIZZATO PER IL CALCOLO DEI LEAD TIME DI FORNITURA.	50
FIGURA 4.1 - FUNZIONE DI AUTOCORRELAZIONE PER UNA SERIE GENERICA CON TREND.	53
FIGURA 4.2 - SERIE STORICA DEI CONSUMI COMPLESSIVI RELATIVI AGLI ARTICOLI TARGET.	55
FIGURA 4.3 - DECOMPOSIZIONE STRUTTURALE DELLA SERIE STORICA RELATIVA AI CONSUMI COMPLESSIVI.	56
FIGURA 4.4 - FUNZIONE DI CORRELAZIONE DELLA SERIE STORICA RELATIVA AI CONSUMI COMPLESSIVI.	57
FIGURA 4.5 - DECOMPOSIZIONE STRUTTURALE DELLA SERIE STORICA RELATIVA AL TAMPONE Ø 500.	58
FIGURA 4.6 - FUNZIONE DI CORRELAZIONE DELLA SERIE STORICA RELATIVA AL TAMPONE Ø 500.	59
FIGURA 4.7 - FINESTRE TEMPORALI DELLA SERIE STORICA RELATIVA AL TAMPONE Ø 500.	59
FIGURA 4.8 - DECOMPOSIZIONE STRUTTURALE DELLA SERIE STORICA RELATIVA AL 268240.	60
FIGURA 4.9 - FUNZIONE DI CORRELAZIONE DELLA SERIE STORICA RELATIVA AL TAMPONE Ø 500.	61
FIGURA 4.10 - DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA DEI CONSUMI PER L'ARTICOLO 268240.	63
FIGURA 4.11 - ANALISI DEI QUANTILI DELL'ARTICOLO 268240.	64
TABELLA 4.1 - FREQUENZA DEI CONSUMI RELATIVI ALL'ARTICOLO 268240.	68
FIGURA 4.12 - DISTRIBUZIONI DI FREQUENZA (REALE E OSSERVATA) RELATIVE ALL'ARTICOLO 268240.	68
TABELLA 4.2 - FREQUENZA DEI CONSUMI RELATIVI ALL'ARTICOLO TAMPONE Ø 500.	71
FIGURA 4.13 - DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA (REALE E OSSERVATA) RELATIVA ALL'ARTICOLO 268239.	72
TABELLA 4.3 - INTERVALLI DI FREQUENZA CON RELATIVA PROBABILITÀ TEORICA.	73
FIGURA 5.1 - RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL COSTO D'ORDINAZIONE.	77
FIGURA 5.2 - ANDAMENTO DEI COSTI DI POSSESSO AL VARIARE DELLA GIACENZA MEDIA.	79

TABELLA 5.1 – INCIDENZA DELLE SINGOLE COMPONENTI SUL COSTO DI POSSESSO.	79
TABELLA 5.2 - POSSIBILE APPROCCIO PER LA STIMA DEL COSTO DI STOCK-OUT.	81
FIGURA 5.3– DIVERSA INCIDENZA DI COSTO AL VARIARE DELLE Q ORDINATE.	82
FIGURA 5.4 – LOTTO ECONOMICO E ANDAMENTO DEI COSTI.	84
TABELLA 5.3 - COSTO DI POSSESSO E INCIDENZA DELLE SINGOLE COMPONENTI.	87
FIGURA 5.5 - VARIAZIONE DELLA SCORTA NEL TEMPO IN UN SISTEMA DI CONTROLLO A QUANTITÀ FISSA.	91
FIGURA 5.6 – DISTRIBUZIONE NORMALE STANDARDIZZATA E INTERVALLI DI PROBABILITÀ.	94
FIGURA 5.7 - VARIABILITÀ DEI CONSUMI.	96
FIGURA 5.8 - VARIABILITÀ DEI TEMPI DI APPROVVIGIONAMENTO.	98
TABELLA 5.4- PARAMETRI STATISTICI DI CONSUMO E FORNITURA.	100
TABELLA 5.5 - DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI RIORDINO E DELL'INCIDENZA ECONOMICA.	101
TABELLA 5.6 - APPROCCIO PER STIMARE IL COSTO DI STOCK-OUT.	102
TABELLA 5.7 - PARAMETRI STATISTICI DI CONSUMO E FORNITURA.	107
TABELLA 5.8 - DISTRIBUZIONE CARATTERISTICA DI UNA VARIABILE POISSON DI PARAMETRO $\lambda = 3$	108
FIGURA 5.9 - RELAZIONE INDICATIVA TRA LIVELLO DI SERVIZIO, LIVELLO DI RIORDINO E COSTI DI POSSESSO.	109
FIGURA 6.1 - SCHERMATA SAP DI MODIFICA DELL'ANAGRAFICA MATERIALE.	111
FIGURA 6.2 - VISTA PARAMETRI CONTROLLO SCORTE.	112
FIGURA 6.3 - VISTA PARAMETRI PER IL CONTROLLO DEGLI APPROVVIGIONAMENTI E DELLE SS.	113
FIGURA 6.4 - PLANIMETRIA ENGRAVINGS SOLUTIONS CON FOCUS SULLE AREE DI STOCCAGGIO.	114
FIGURA 6.5 - TRANSAZIONE MMBE PER L'ANALISI DELLA GIACENZA.	115

APPENDICE A

Tabella A.1: articoli semilavorati consumati negli ultimi tre anni senza stratificazione per tavola o diametro. Vengono riportate anche le percentuali sul totale e quelle cumulate per definire la successiva distribuzione di Poisson. I formati target sono evidenziati e rappresentato circa il 70% del totale dei formati consumati negli ultimi tre anni.

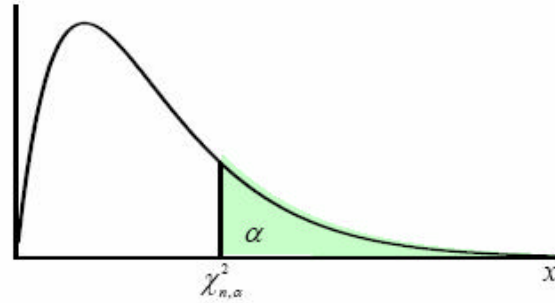
Art. Semilavorato	Quantità 2013-2015	% sul totale	% cumulata
268240	127	21,0%	21,0%
285581	73	12,0%	33,0%
299796	65	10,7%	43,7%
267945	35	5,8%	49,5%
297167	24	4,0%	53,5%
367584	22	3,6%	57,1%
318763	19	3,1%	60,2%
303423	19	3,1%	63,4%
251415	15	2,5%	65,8%
307399	14	2,3%	68,2%
H030651**	9	1,5%	69,6%
222422	7	1,2%	70,8%
368992	6	1,0%	71,8%
285759	6	1,0%	72,8%
H028820	5	0,8%	73,6%
312829	5	0,8%	74,4%
287568	5	0,8%	75,2%
268654	5	0,8%	76,1%
184746	5	0,8%	76,9%
172885	5	0,8%	77,7%
838015	4	0,7%	78,4%
(...)	(...)	(...)	(...)
329580	2	0,3%	93,2%
326030	2	0,3%	93,6%
319475	2	0,3%	93,9%
303283	2	0,3%	94,2%
296328	2	0,3%	94,6%
308613	1	0,2%	99,2%
306984	1	0,2%	99,3%
285842	1	0,2%	99,5%
267914	1	0,2%	99,7%
205602	1	0,2%	99,8%
171676	1	0,2%	100,0%
Totale complessivo	606	100,0%	



APPENDICE B

Tabella B.1: Valori critici della Distribuzione Chi-Quadrato

$$P(\chi^2 \geq \chi_{\alpha, \nu}^2) = \alpha$$



ν	0.9999	0.9995	0.999	0.995	α 0.99	0.975	0.95	0.90	0.80
1	1.57E-8	3.93E-7	1.57E-6	3.93E-5	0.0002	0.0010	0.0039	0.0158	0.0642
2	0.0002	0.0010	0.0020	0.0100	0.0201	0.0506	0.1026	0.2107	0.4463
3	0.0052	0.0153	0.0243	0.0717	0.1148	0.2158	0.3518	0.5844	1.0052
4	0.0284	0.0639	0.0908	0.2070	0.2971	0.4844	0.7107	1.0636	1.6488
5	0.0821	0.1581	0.2102	0.4118	0.5543	0.8312	1.1455	1.6103	2.3425
6	0.1723	0.2994	0.3810	0.6757	0.8721	1.2373	1.6354	2.2041	3.0701
7	0.2998	0.4849	0.5985	0.9893	1.2390	1.6899	2.1673	2.8331	3.8223
8	0.4634	0.7104	0.8571	1.3444	1.6465	2.1797	2.7326	3.4895	4.5936
9	0.6611	0.9718	1.1519	1.7349	2.0879	2.7004	3.3251	4.1682	5.3801
10	0.8890	1.2651	1.4787	2.1558	2.5582	3.2470	3.9403	4.8652	6.1791
11	1.1449	1.5870	1.8338	2.6032	3.0535	3.8157	4.5748	5.5778	6.9887
12	1.4281	1.9345	2.2141	3.0738	3.5706	4.4038	5.2260	6.3038	7.8073
13	1.7341	2.3049	2.6172	3.5650	4.1069	5.0087	5.8919	7.0415	8.6339
14	2.0601	2.6966	3.0407	4.0747	4.6604	5.6287	6.5706	7.7895	9.4673
15	2.4084	3.1073	3.4825	4.6009	5.2294	6.2621	7.2609	8.5468	10.3070
16	2.7736	3.5357	3.9417	5.1422	5.8122	6.9077	7.9616	9.3122	11.1521
17	3.1561	3.9800	4.4162	5.6973	6.4077	7.5642	8.6718	10.0852	12.0023
18	3.5559	4.4391	4.9048	6.2648	7.0149	8.2307	9.3904	10.8649	12.8570
19	3.9687	4.9125	5.4067	6.8439	7.6327	8.9065	10.1170	11.6509	13.7158
20	4.3950	5.3978	5.9210	7.4338	8.2604	9.5908	10.8508	12.4426	14.5784
21	4.8342	5.8954	6.4467	8.0336	8.8972	10.2829	11.5913	13.2396	15.4446
22	5.2862	6.4041	6.9829	8.6427	9.5425	10.9823	12.3380	14.0415	16.3140
23	5.7482	6.9240	7.5291	9.2604	10.1957	11.6885	13.0905	14.8480	17.1865
24	6.2231	7.4528	8.0847	9.8862	10.8563	12.4011	13.8484	15.6587	18.0618
25	6.7087	7.9905	8.6494	10.5196	11.5240	13.1197	14.6114	16.4734	18.9397
26	7.1980	8.5374	9.2222	11.1602	12.1982	13.8439	15.3792	17.2919	19.8202
27	7.6997	9.0929	9.8029	11.8077	12.8785	14.5734	16.1514	18.1139	20.7030
28	8.2115	9.6558	10.3907	12.4613	13.5647	15.3079	16.9279	18.9392	21.5880
29	8.7303	10.2266	10.9861	13.1211	14.2564	16.0471	17.7084	19.7677	22.4751
30	9.2559	10.8040	11.5876	13.7867	14.9535	16.7908	18.4927	20.5992	23.3641
35	11.9929	13.7879	14.6881	17.1917	18.5089	20.5694	22.4650	24.7966	27.8359
40	14.8820	16.9058	17.9166	20.7066	22.1642	24.4331	26.5093	29.0505	32.3449
45	17.8922	20.1361	21.2509	24.3110	25.9012	28.3662	30.6123	33.3504	36.8844
50	21.0077	23.4611	24.6736	27.9908	29.7067	32.3574	34.7642	37.6886	41.4492
55	24.2133	26.8650	28.1731	31.7349	33.5705	36.3981	38.9581	42.0596	46.0356
60	27.5006	30.3393	31.7381	35.5344	37.4848	40.4817	43.1880	46.4589	50.6406
70	34.2581	37.4671	39.0358	43.2753	45.4417	48.7575	51.7393	55.3289	59.8978
80	41.2407	44.7917	46.5197	51.1719	53.5400	57.1532	60.3915	64.2778	69.2070
90	48.4095	52.2768	54.1559	59.1963	61.7540	65.6466	69.1260	73.2911	78.5584
100	55.7202	59.8946	61.9182	67.3275	70.0650	74.2219	77.9294	82.3581	87.9453
150	93.9492	99.4617	102.1127	109.1423	112.6676	117.9846	122.6918	128.2750	135.2625
200	134.0154	140.6591	143.8420	152.2408	156.4321	162.7280	168.2785	174.8353	183.0028

Tavola 3 (segue): Valori critici della Distribuzione Chi-Quadrato

ν	α								
	0.20	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0001
1	1.6424	2.7055	3.8415	5.0239	6.6349	7.8794	10.8274	12.1153	15.1343
2	3.2189	4.6052	5.9915	7.3778	9.2104	10.5965	13.8150	15.2014	18.4247
3	4.6416	6.2514	7.8147	9.3484	11.3449	12.8381	16.2660	17.7311	21.1040
4	5.9886	7.7794	9.4877	11.1433	13.2767	14.8602	18.4662	19.9977	23.5064
5	7.2893	9.2363	11.0705	12.8325	15.0863	16.7496	20.5147	22.1057	25.7507
6	8.5581	10.6446	12.5916	14.4494	16.8119	18.5475	22.4575	24.1016	27.8527
7	9.8032	12.0170	14.0671	16.0128	18.4753	20.2777	24.3213	26.0179	29.8814
8	11.0301	13.3616	15.5073	17.5345	20.0902	21.9549	26.1239	27.8674	31.8268
9	12.2421	14.6837	16.9190	19.0228	21.6660	23.5893	27.8767	29.6669	33.7247
10	13.4420	15.9872	18.3070	20.4832	23.2093	25.1881	29.5879	31.4195	35.5572
11	14.6314	17.2750	19.6752	21.9200	24.7250	26.7569	31.2635	33.1382	37.3647
12	15.8120	18.5493	21.0261	23.3367	26.2170	28.2997	32.9092	34.8211	39.1306
13	16.9848	19.8119	22.3620	24.7356	27.6882	29.8193	34.5274	36.4768	40.8735
14	18.1508	21.0641	23.6848	26.1189	29.1412	31.3194	36.1239	38.1085	42.5752
15	19.3107	22.3071	24.9958	27.4884	30.5780	32.8015	37.6978	39.7173	44.2596
16	20.4651	23.5418	26.2962	28.8453	31.9999	34.2671	39.2518	41.3077	45.9255
17	21.6146	24.7690	27.5871	30.1910	33.4087	35.7184	40.7911	42.8808	47.5591
18	22.7595	25.9894	28.8693	31.5264	34.8052	37.1564	42.3119	44.4337	49.1853
19	23.9004	27.2036	30.1435	32.8523	36.1908	38.5821	43.8194	45.9738	50.7873
20	25.0375	28.4120	31.4104	34.1696	37.5663	39.9969	45.3142	47.4977	52.3832
21	26.1711	29.6151	32.6706	35.4789	38.9322	41.4009	46.7963	49.0096	53.9599
22	27.3015	30.8133	33.9245	36.7807	40.2894	42.7957	48.2676	50.5105	55.5244
23	28.4288	32.0069	35.1725	38.0756	41.6383	44.1814	49.7276	51.9995	57.0668
24	29.5533	33.1962	36.4150	39.3641	42.9798	45.5584	51.1790	53.4776	58.6071
25	30.6752	34.3816	37.6525	40.6465	44.3140	46.9280	52.6187	54.9475	60.1360
26	31.7946	35.5632	38.8851	41.9231	45.6416	48.2898	54.0511	56.4068	61.6666
27	32.9117	36.7412	40.1133	43.1945	46.9628	49.6450	55.4751	57.8556	63.1660
28	34.0266	37.9159	41.3372	44.4608	48.2782	50.9936	56.8918	59.2990	64.6561
29	35.1394	39.0875	42.5569	45.7223	49.5878	52.3355	58.3006	60.7342	66.1524
30	36.2502	40.2560	43.7730	46.9792	50.8922	53.6719	59.7022	62.1600	67.6230
35	41.7780	46.0588	49.8018	53.2033	57.3420	60.2746	66.6192	69.1975	74.9253
40	47.2685	51.8050	55.7585	59.3417	63.6908	66.7660	73.4029	76.0963	82.0551
45	52.7288	57.5053	61.6562	65.4101	69.9569	73.1660	80.0776	82.8734	89.0704
50	58.1638	63.1671	67.5048	71.4202	76.1538	79.4898	86.6603	89.5597	95.9713
55	63.5772	68.7962	73.3115	77.3804	82.2920	85.7491	93.1671	96.1607	102.7735
60	68.9721	74.3970	79.0820	83.2977	88.3794	91.9518	99.6078	102.6971	109.4967
70	79.7147	85.5270	90.5313	95.0231	100.4251	104.2148	112.3167	115.5766	122.7443
80	90.4053	96.5782	101.8795	106.6285	112.3288	116.3209	124.8389	128.2636	135.7728
90	101.0537	107.5650	113.1452	118.1359	124.1162	128.2987	137.2082	140.7804	148.6198
100	111.6667	118.4980	124.3421	129.5613	135.8069	140.1697	149.4488	153.1638	161.3297
150	164.3492	172.5812	179.5806	185.8004	193.2075	198.3599	209.2652	213.6135	223.1209
200	216.6088	226.0210	233.9942	241.0578	249.4452	255.2638	267.5388	272.4220	283.0448

APPENDICE C

Tabelle C.1: Valori della funzione di probabilità Poisson al variare del parametro caratteristico λ .

Q	$\lambda=0,1$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	.9048	.8187	.7408	.6703	.6065	.5488	.4966	.4493	.4066	.3679
1	.0905	.1637	.2222	.2681	.3033	.3293	.3476	.3595	.3659	.3679
2	.0045	.0164	.0333	.0536	.0758	.0988	.1217	.1438	.1647	.1839
3	.0002	.0011	.0033	.0072	.0126	.0198	.0254	.0383	.0494	.0613
4		.0001	.0003	.0007	.0016	.0030	.0050	.0077	.0111	.0153
5				.0001	.0002	.0004	.0007	.0012	.0020	.0031
6							.0001	.0002	.0003	.0005
7										.0001

Q	$\lambda = 1,2$	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
0	.3012	.2466	.2019	.1653	.1353	.1108	.0907	.0743	.0608	.0498
1	.3614	.3452	.3230	.2975	.2707	.2438	.2177	.1931	.1703	.1494
2	.2169	.2417	.2584	.2678	.2707	.2681	.2613	.2510	.2384	.2240
3	.0867	.1128	.1378	.1607	.1804	.1966	.2090	.2176	.2225	.2240
4	.0260	.0395	.0551	.0723	.0902	.1082	.1254	.1414	.1557	.1680
5	.0062	.0111	.0176	.0260	.0361	.0476	.0602	.0735	.0872	.1008
6	.0012	.0026	.0047	.0078	.0120	.0174	.0241	.0319	.0407	.0504
7	.0002	.0005	.0011	.0020	.0034	.0055	.0083	.0118	.0163	.0216
8		.0001	.0002	.0005	.0009	.0015	.0025	.0038	.0057	.0081
9				.0001	.0002	.0004	.0007	.0011	.0018	.0027
10						.0001	.0002	.0003	.0005	.0008
11								.0001	.0001	.0002
12										.0002

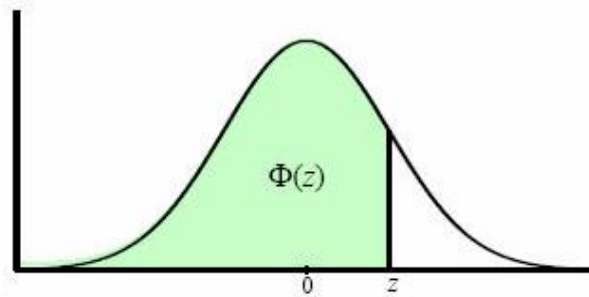
Segue Tabella C.1:

Q	$\lambda = 3,5$	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
0	.0302	.0183	.0111	.0067	.0041	.0025	.0015	.0009	.0006	.0003
1	.1057	.0733	.0500	.0337	.0225	.0149	.0098	.0064	.0041	.0027
2	.1850	.1465	.1125	.0842	.0618	.0446	.0318	.0223	.0156	.0107
3	.2158	.1954	.1687	.1404	.1133	.0892	.0688	.0521	.0389	.0286
4	.1888	.1954	.1898	.1755	.1558	.1339	.1118	.0912	.0729	.0573
5	.1322	.1563	.1708	.1755	.1714	.1606	.1454	.1277	.1094	.0916
6	.0771	.1042	.1281	.1462	.1571	.1606	.1575	.1490	.1367	.1221
7	.0385	.0595	.0824	.1044	.1234	.1377	.1462	.1490	.1465	.1396
8	.0169	.0298	.0463	.0653	.0849	.1033	.1188	.1304	.1373	.1396
9	.0066	.0132	.0232	.0363	.0519	.0688	.0858	.1014	.1144	.1241
10	.0023	.0053	.0104	.0181	.0285	.0413	.0558	.0710	.0858	.0993
11	.0007	.0019	.0043	.0082	.0143	.0225	.0330	.0452	.0585	.0722
12	.0002	.0006	.0016	.0034	.0065	.0113	.0179	.0263	.0366	.0481
13	.0001	.0002	.0006	.0013	.0028	.0052	.0089	.0142	.0211	.0296
14		.0001	.0002	.0005	.0011	.0022	.0041	.0071	.0113	.0169
15			.0001	.0002	.0004	.0009	.0018	.0033	.0057	.0090
16					.0001	.0003	.0007	.0014	.0026	.0045
17						.0001	.0003	.0006	.0012	.0021
18							.0001	.0002	.0005	.0009
19								.0001	.0002	.0004
20									.0001	.0002
21										.0001

APPENDICE D

Tabella D.1: Funzione di ripartizione della variabile aleatoria Normale Standardizzata

$$\Phi(z) = P(Z \leq z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998